

---

Ascona GbR  
Gesellschaft für ökologische Projekte  
Gröbenzell

**Verbundvorhaben:** Lebenszyklusoptimierte  
Systemlösung für verdichteten Wohnungsbau  
mit Massivholztechnologie (BASYS)

**Teilvorhaben:** Lebenszyklusmodell mit  
Element- und Bauleistungssystematik und  
Projektkoordination

Abschlußbericht über ein Forschungsprojekt  
Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit  
Mitteln Bundesministerium für Bildung und Forschung unter  
dem Förderkennzeichen 19 W0032A gefördert. Die  
Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim  
Autor Dipl. Ing. Architekt Holger König

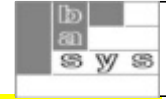
Gröbenzell, August 2002



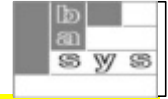
|          |   |             |
|----------|---|-------------|
| <b>1</b> | <b>Kurzfassung</b>  | <b>1-10</b> |
| <b>2</b> | <b>Ausgangslage und Ziele des Projektes</b>                       | <b>2-12</b> |
| 2.1      | Ausgangslage  | 2-12        |
| 2.2      | Ziele   | 2-14        |
| 2.2.1    | Gesamtziel des Verbundprojektes                                   | 2-14        |
| 2.2.2    | Wissenschaftliche und technische Zielsetzungen                    | 2-14        |
| 2.2.3    | Ziele des Teilvorhabens   | 2-15        |
| 2.2.4    | Kooperation mit F&E-Projekten                                     | 2-16        |
| <b>3</b> | <b>Die Arbeitsweise des Architekten und das LEGOE-Zielkonzept</b> | <b>3-19</b> |
| 3.1      | Idee und Unschärfe  | 3-19        |
| 3.2      | EDV und Information   | 3-21        |
| 3.2.1    | Elektronische Speichermedien, Online-Dienste, Suchmaschinen       | 3-21        |
| 3.2.2    | Datenverwaltung im Architekturbüro                                | 3-22        |
| 3.2.3    | Datenaustausch zwischen den Planungsbeteiligten                   | 3-22        |
| 3.3      | Datenbanken und Software für Architekten                          | 3-23        |
| 3.3.1    | Datenbanken – Leistungspositionen                                 | 3-23        |
| 3.3.2    | AVA (Ausschreibung-Vergabe-Abrechnung)                            | 3-23        |
| 3.3.3    | Datenbanken – Elemente  | 3-23        |
| 3.3.4    | Energieberechnungsprogramme-Bauphysikprogramme                    | 3-24        |
| 3.3.5    | Facility management   | 3-25        |
| 3.4      | Zielkonzept   | 3-25        |
| 3.4.1    | Neue Arbeitsorganisation des Planers und Architekten              | 3-25        |
| 3.4.2    | Inhalte der Datenbank   | 3-26        |
| 3.4.3    | Energetische Bewertung des Gebäudes                               | 3-26        |
| 3.4.4    | Ökologische Bewertung des Gebäudes                                | 3-27        |
| 3.4.5    | Bewertung der Nutzungsphase des Gebäudes                          | 3-27        |
| <b>4</b> | <b>Grundlagen und Lösungsansätze</b>                              | <b>4-29</b> |
| 4.1      | Elementkatalog  | 4-29        |
| 4.1.1    | Aufbau der Gebäudeelemente  | 4-30        |
| 4.1.2    | Elemente zur Beschreibung des Lebenszyklus                        | 4-34        |
| 4.2      | Positionskatalog  | 4-39        |



|          |   |             |
|----------|---|-------------|
| 4.2.1    | Das Roh-Leistungsverzeichnis  | 4-39        |
| 4.2.2    | Das Leistungsverzeichnis (LV)   | 4-40        |
| 4.3      | Die Datenbank   | 4-41        |
| 4.3.1    | Kosten-Kennziffern  | 4-41        |
| 4.3.2    | Bauphysikalische Kennziffern  | 4-42        |
| 4.3.3    | Ökologische Kennziffern   | 4-43        |
| <b>5</b> | <b>QM Handbuch – Zeitplanung</b>  | <b>5-50</b> |
| 5.1      | Qualitätssicherung bei der Projektabwicklung                                  | 5-50        |
| 5.1.1    | Methodischer Ansatz   | 5-50        |
| 5.1.2    | Projektorganisation/Grundlagenermittlung                                      | 5-50        |
| 5.1.3    | Projektdurchführung   | 5-54        |
| 5.1.4    | Baudurchführung   | 5-58        |
| 5.1.5    | Projektübergabe   | 5-61        |
| 5.1.6    | Baubetreuung/Bauunterhalt   | 5-63        |
| 5.2      | Zeitplanung   | 5-64        |
| 5.2.1    | Qualitätssicherungsinstrumente für das Forschungsprojekt                      | 5-65        |
| 5.2.2    | Zeitplanung:  | 5-66        |
| <b>6</b> | <b>ODBC-Schnittstelle zwischen CAD Programm -speedikon und LEGOE-Software</b> | <b>6-67</b> |
| 6.1      | Allgemeines   | 6-67        |
| 6.1.1    | Datenstruktur   | 6-67        |
| 6.1.2    | Daten   | 6-69        |
| 6.2      | Einrichten eines Projektes  | 6-71        |
| 6.2.1    | Projektanlage   | 6-71        |
| 6.2.2    | Erzeugen von Grundrissen  | 6-72        |
| 6.2.3    | Grobelemente zuordnen   | 6-73        |
| 6.2.4    | Tabellarische Kontrolle der Zuordnung   | 6-76        |
| 6.2.5    | Feinelemente zuordnen   | 6-76        |
| 6.2.6    | Nordrichtung definieren   | 6-77        |
| 6.2.7    | Gebäudedatei erzeugen   | 6-77        |
| 6.2.8    | Zielvorgaben des Planers  | 6-79        |
| 6.2.9    | Projektvarianten berechnen  | 6-80        |



|           |  |               |
|-----------|--|---------------|
| 6.3       | Höhenangaben   | 6-81          |
| 6.3.1     | Gebäudebezogene Höhenangaben                                 | 6-81          |
| 6.3.2     | Raumbezogene Höhenangaben                                    | 6-82          |
| 6.3.3     | Berechnung der Nutzfläche                                    | 6-83          |
| 6.3.4     | Primäre Datenbankschlüssel in der PDB                        | 6-84          |
| 6.3.5     | Erläuterungen zur Berechnung der Elementmengen               | 6-85          |
| <b>7</b>  | <b>Elementkatalog - Mustergebäude</b>                        | <b>7-86</b>   |
| 7.1       | Erweiterung des Elementekatalogs                             | 7-86          |
| 7.1.1     | Neubaulemente  | 7-86          |
| 7.1.2     | Folgeelemente  | 7-87          |
| 7.1.3     | Elemente „Technischer Ausbau“                                | 7-87          |
| 7.2       | Mustergebäude  | 7-88          |
| 7.2.1     | Dokumente Mustergebäude                                      | 7-90          |
| <b>8</b>  | <b>Wohnanlage Bornstedter Feld</b>                           | <b>8-103</b>  |
| 8.1.1     | Baugebiet  | 8-103         |
| 8.1.2     | Kostenplanung – Herstellungs- und Folgekosten                | 8-106         |
| 8.1.3     | Wärme und Energie  | 8-109         |
| 8.1.4     | Ökologie   | 8-117         |
| 8.1.5     | Der Projektvergleich   | 8-129         |
| <b>9</b>  | <b>Ausblick und F&amp;E-Bedarf</b>                           | <b>9-132</b>  |
| 9.1       | Ausblick   | 9-132         |
| 9.1.1     | Brettstapel-Elementkatalog                                   | 9-132         |
| 9.1.2     | Brettstapelverband   | 9-132         |
| 9.1.3     | Nachhaltigkeits-optimiertes BASYS-Systemhaus                 | 9-132         |
| 9.2       | F&E-Bedarf   | 9-133         |
| 9.2.1     | LEGOE-Elemente-Erweiterung „Reverse Engineering“             | 9-133         |
| 9.2.2     | Lebenszyklus-Kosten einzelner Haustechnik-Elemente           | 9-133         |
| 9.2.3     | Lebenszyklus-Betrachtung „Gesundheit, Wohlbefinden, Komfort“ | 9-134         |
| 9.2.4     | Angabe und Bewertung von Risiken                             | 9-134         |
| 9.2.5     | Anwendung von LEGOE im Baubestand                            | 9-136         |
| <b>10</b> | <b>Ergebniskontrollbericht</b>                               | <b>10-138</b> |

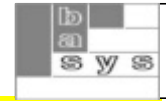


|      |   |        |
|------|---|--------|
| 10.1 | Förderpolitische Ziele des Förderprogramms und eigene Ergebnisse                  | 10-138 |
| 10.2 | Wissenschaftlich-technisches Ergebnis, Nebenergebnisse und gesammelte Erfahrungen | 10-139 |
| 10.3 | Fortschreibung des Verwertungsergebnisses   | 10-140 |
| 10.4 | Arbeiten, die keine Lösung gefunden haben   | 10-141 |
| 10.5 | Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer, Messen, CD-ROM, Internet          | 10-141 |
| 10.6 | Einhaltung von Kosten und Zeitplan  | 10-141 |



## Abbildungsverzeichnis

|   |      |
|---|------|
| Abbildung 3-1: Die Arbeit des Architekten mit der Sirados Datenbank.....                                      | 3-19 |
| Abbildung 3-2: Elementaufbau .....  | 3-24 |
| Abbildung 3-3: Datenaustausch über Projektdatenbasis.....   | 3-26 |
| Abbildung 3-4: Lebenszyklus des Gebäudes.....   | 3-28 |
| Abbildung 4-1: Makro-, Grob- und Feinelemente .....   | 4-29 |
| Abbildung 4-2: Konstruktionen des Gebäudes mit Makroelementen.....  | 4-30 |
| Abbildung 4-3: Kostenplanung mit Grobelementen des Gebäudes.....  | 4-31 |
| Abbildung 4-4: Planung mit Feinelementen .....  | 4-32 |
| Abbildung 4-5: Projektanpassung mit Feinelementen.....  | 4-33 |
| Abbildung 4-6: Lebenszyklus und Elemente – „Lokomotive“ Neubau-Element und<br>„Waggon“ Zyklus-Elemente) ..... | 4-35 |
| Abbildung 4-7: Feinelement Fußbodenbelag mit verknüpften Folgeelementen .....                                 | 4-36 |
| Abbildung 4-8: Betriebselemente im LEGOE-Elementkatalog .....   | 4-37 |
| Abbildung 4-9: Die Arbeitsweise mit Sirados-Elementen .....   | 4-40 |
| Abbildung 4-10: Kostenübersicht nach Kostengruppen .....  | 4-41 |
| Abbildung 4-11: U-Werte verschiedener Bauelemente .....   | 4-42 |
| Abbildung 4-12: Ökobilanz eines Grobelements mit Phasenangabe.....  | 4-44 |
| Abbildung 4-13: Zeitlicher Verlauf der Schichtenerneuerung und der ökologischen Folgen                        | 4-45 |
| Abbildung 4-14: Ökologischer Vergleich verschiedener Bauelemente .....  | 4-47 |
| Abbildung 5-1: QM-Handbuch auf der Internetplattform.....   | 5-51 |
| Abbildung 5-2: Dateistruktur mit Statusstand der Dokumente .....  | 5-52 |
| Abbildung 5-3: PDF-Dokument Mustergebäude „Kosten“ auf Internet-Plattform.....                                | 5-55 |
| Abbildung 5-4: PFD-Dokument Mustergebäude „Wärme“ auf Internetplattform.....                                  | 5-56 |
| Abbildung 5-5: Auswertung Mustergebäude nach STLB-Gewerkstruktur.....   | 5-57 |
| Abbildung 5-6: Protokoll der Blower-Door-Prüfung auf der Internetplattform .....                              | 5-60 |
| Abbildung 5-7: Projektvergleich mit LEGOE auf der Internetplattform.....                                      | 5-61 |
| Abbildung 5-8: Projektdokumentation „Basysnetz.de“ im Internet .....  | 5-62 |
| Abbildung 5-9: Ausschreibungstext Reinigung aus LEGOE.....  | 5-63 |
| Abbildung 5-10: Instandsetzungsaufwand im Verlauf von 80 Jahren (blaue Linie).....                            | 5-64 |
| Abbildung 5-11: Beschlußbuch – Ausschnitt .....   | 5-65 |
| Abbildung 6-1: Dialogbox zum Einrichten eines neuen Projektes.....  | 6-71 |
| Abbildung 6-2: Daten des Baugrundstücks.....  | 6-72 |
| Abbildung 6-3: Makro-Dialogbox zur Aktivierung der Objektkennzeichnung .....                                  | 6-73 |



|   |       |
|---|-------|
| Abbildung 6-4: Auswahl des Zeichnungsfilters SIRADOS.....                               | 6-75  |
| Abbildung 6-5: Zuordnungsdialo g der sirAdos-Baudatenbank mit kontextsensitiver Hilfe . | 6-75  |
| Abbildung 6-6: Auswahl des Reportmakro „siradrpt“ .....                                 | 6-76  |
| Abbildung 6-7: Raumbezogener Zuordnungskatalog .....                                    | 6-77  |
| Abbildung 6-8: Erzeugen einer PDB-Datei eines abgeschlossenen Projektes.....            | 6-78  |
| Abbildung 6-9: Datenblatt Gebäude .....   | 6-78  |
| Abbildung 6-10 Projektvariante erzeugen.....  | 6-80  |
| Abbildung 6-11 Bezeichnung der Bezugselemente .....                                     | 6-81  |
| Abbildung 6-12 Bezeichnung der Bezugselemente .....                                     | 6-83  |
| Abbildung 7-1: Bearbeitung Elementkatalog Brettstapelelemente .....                     | 7-86  |
| Abbildung 7-2: Lebenszykluselemente gekoppelt mit Neubaelement.....                     | 7-87  |
| Abbildung 7-3: Stamm-Zweige-Katalog für Technischen Ausbau .....                        | 7-88  |
| Abbildung 7-4: Mustergebäude Brettstapel.....   | 7-88  |
| Abbildung 7-5: Ausschnitt aus einer PDB-Datei .....                                     | 7-89  |
| Abbildung 7-6: Auswertung als Bausbeschreibung .....                                    | 7-90  |
| Abbildung 7-7: Baukosten Mustergebäude Basys .....                                      | 7-91  |
| Abbildung 7-8: Baukosten Mustergebäude Basys .....                                      | 7-91  |
| Abbildung 7-9: Folgekosten Mustergebäude Öko-Variante.....                              | 7-92  |
| Abbildung 7-10 Folgekosten Varianten Mustergebäude Basys .....                          | 7-92  |
| Abbildung 7-11 Vergleich Folgekosten mit Referenzhaus nach m2 WF pro Jahr .....         | 7-93  |
| Abbildung 7-12 Jahresheizwärmebedarf der drei Varianten und des Referenzhauses.....     | 7-94  |
| Abbildung 7-13 Grafischer Nachweis des Wärmebedarfs des Mustergebäudes.....             | 7-95  |
| Abbildung 7-14 Vergleich Berechnungsergebnis nach WSVO und ENEV .....                   | 7-96  |
| Abbildung 7-15 Dokument nach der ENEV 2002 .....  | 7-96  |
| Abbildung 7-16 Betriebskostenvergleich.....   | 7-97  |
| Abbildung 7-17 Medienbedarf für Mustergebäude .....                                     | 7-98  |
| Abbildung 7-18 Amortisationsnachweis für ökologische Haustechnikkomponenten .....       | 7-99  |
| Abbildung 7-19 Stoffmasse der Gebäude im Vergleich.....                                 | 7-100 |
| Abbildung 7-20 Öko-daten Mustergebäude ohne Betrieb 80 Jahre Nutzungsdauer .....        | 7-101 |
| Abbildung 7-21 Öko-daten Mustergebäude mit Betrieb 80 Jahre Nutzungsdauer .....         | 7-101 |
| Abbildung 7-22 Wirkungskategorie CO2 der Gebäude im Vergleich .....                     | 7-102 |
| Abbildung. 8-1: Isometrie Bornstedter Feld von Süden.....                               | 8-103 |
| Abbildung 8-2: Isometrie Bornstedter Feld von Süden.....                                | 8-104 |
| Abbildung 8-3: Schnitt durch den zweigeschossigen Reihaustyp A 2 .....                  | 8-104 |



|   |       |
|---|-------|
| Abbildung 8-4: Haustyp A 2 Ansicht.....   | 8-105 |
| Abbildung . 8-5: Variantenvergl. Kosten bei untersch. Typ und unterschiedl. Heizung ..      | 8-106 |
| Abbildung . 8-6: Variantenvergl. Kosten bei untersch. Typ und unterschiedl. Heizung ..      | 8-107 |
| Abbildung . 8-7: Säulendarstellung Vergleich Folgekosten .....                              | 8-107 |
| Abbildung 8-8: Monat. Belastung Reihenmittelh. Holzheizung (LEGOE-LC-Kosten)).....          | 8-108 |
| Abbildung .8-9: Spinnenvergl. Kosten gegenüber Referenzhaus DHH- Kalksandstein.             | 8-109 |
| Abbildung 8-10: Energiedaten für vier Haustypen und Heizungsvarianten .....                 | 8-110 |
| Abbildung . 8-11: Heizwärmebedarf REH Gasheizung.....                                       | 8-111 |
| Abbildung . 8-12: Vergleich Ergebnisse Rechenverfahren WSVO und EnEV .....                  | 8-112 |
| Abbildung . 8-13: Nutzenergiebedarf Heizung REH mit Gasheizung .....                        | 8-112 |
| Abbildung . 8-14: Nutzenergiebedarf REH mit Holzpelletheiz. und WW-Solaranlage .....        | 8-113 |
| Abbildung . 8-15: Endenergiebedarf REH mit Gasheizung .....                                 | 8-113 |
| Abbildung . 8-16: Endenergiebedarf REH mit Holzheizung.....                                 | 8-114 |
| Abbildung . 8-17: Primärenergiebedarf REH mit Gasheizung .....                              | 8-114 |
| Abbildung 8-18: Primärenergiebedarf REH mit Holzpelletheizung .....                         | 8-115 |
| Abbildung. 8-19: Energiekosten REH mit Gasheizung).....                                     | 8-115 |
| Abbildung. 8-20 Energiekosten REH mit Holzpelletheizung .....                               | 8-116 |
| Abbildung. 8-21: Betriebskosten im Vergleich mit Referenzhaus .....                         | 8-117 |
| Abbildung. 8-22: Stoffmasse REH absolutes Gewicht nach Phase .....                          | 8-118 |
| Abbildung. 8-23: Stoffmasse versch. Haustyp. / m3 BRI bzw. m2 BGF über 80 Jahre.....        | 8-118 |
| Abbildung. 8-24: Stoffmasse nach Deponieklasse und Phase) .....                             | 8-119 |
| Abbildung. 8-25: Deponiekosten nach Deponieklasse und Phase .....                           | 8-120 |
| Abbildung. 8-26: Stofffluss nach Phasenherkunft und Deponieklasse o. Aushub .....           | 8-120 |
| Abbildung. 8-27: Stofffluss nach Phasenherkunft und Deponieklasse ohne Reinigung...8-121    |       |
| Abbildung. 8-28: Stoffmasse nach Kostengruppe und Phase.....                                | 8-121 |
| Abbildung. 8-29: Wirkungsbil. für sechs Kate. n. Phase abs. REH mit Gasheiz. absolut..      | 8-122 |
| Abbildung 8-30:Vergl. Wirkungskat.. der Bausubst. m. d. Betriebsaufw. über 80 Jahre...8-123 |       |
| Abbildung 8-31: Vergleich Wirkungskategorien REH mit Gas- und Holzheizung.....              | 8-123 |
| Abbildung. 8-32:Wirkungsbil. für vier Kateg. nach Phase REH mit Gasheizung absolut ..       | 8-124 |
| Abbildung. 8-33:Wirkungsbil. für vier Kateg. nach Phase REH mit Holzheizung, absolut.       | 8-124 |
| Abbildung. 8-.34:Wirkungsbil. für neun Kat. nach Phase REH mit Gasheizung, proz.I.....      | 8-125 |
| Abbildung. 8-35:Wirkungsbil, für vier Kennziff. ohne Betrieb REH mit Holzheizung, abs.      | 8-125 |
| Abbildung 8-36: Referenzdaten Steiger für Ökobilanzen .....                                 | 8-126 |
| Abbildung. 8-37: Wirkungsbilanz nach Kostengruppe und Phase, KGR 3, PEI ern. ....           | 8-127 |



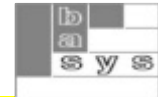
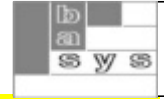


Abbildung. 8-38: Wirkungsbi. n. KGR 3 und Phase, PEI nicht erneuerbar .....8-127  
Abbildung. 8-39: Wirkungsbi. n. KGR 3 und Phase, Treibhauspotenzial.....8-128  
Abbildung. 8-40: Wirkungsbilanz nach KGR 3 und Phase, Versauerungspotenzial.....8-128  
Abbildung. 8-41: Wirkungsbilanz nach KGR 3 und Phase, Sommersmogpotenzial.....8-129  
Abbildung. 8-42: Datenvergleich Ökologie gegen Referenzhaus Kalksandstein.....8-130  
Abbildung. 8-43: Variantenvergleich Ökologie Referenz Kalksandsteinhaus .....8-131



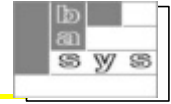
## 1 Kurzfassung

Im Rahmen des Verbundvorhabens „Lebenszyklusoptimierte Systemlösungen für verdichteten Wohnungsbau mit Massivholztechnologie (BASYS)“ wurde im Teilvorhaben „Lebenszyklusmodell mit Element- und Bauleistungssystematik und Projektkoordination“ einerseits das Projekt strukturiert, die Projektpartner in den Formalia angeleitet und die Einhaltung des Arbeits- und Zeitplanes überwacht, andererseits die von den Projektpartnern vorgelegten Entwürfe und Ausarbeitung in Hinblick auf den Gesamtlebenszyklus von Gebäuden und Bauteilen untersucht, berechnet und verglichen.

Ein inhärenter Bestandteil des Arbeitspaketes war die **Erweiterung und Ergänzung der LEGOE-Software**, mit der die Lebenszykluskosten ermittelt und Interpretationsprogramme für Energie und Ökologie bereitgestellt wurden.. Das Mustergebäude sowie das projektbegleitete Bauvorhaben Bornstedter Feld, Potsdam wurden mit der erweiterten LEGOE-Version berechnet. Die Ergebnisse erbrachten eine **signifikant bessere Bewertung** als konventionelle Standardgebäude.

Das entwickelte Produktmodell ist eine **Weiterentwicklung des im LEGOE-Forschungsprojekt entwickelten Integrationsmodells**. Es erlaubt durch entsprechende Schnittstellen die Verknüpfung der Objekte des dreidimensionalen CAD-Modells mit dem sirAdos-Elementkatalog. Dieses Gebäudemodell wird als PDB-Datei mit allen notwendigen Informationen (Orientierung, Elementebezeichner, Massen) exportiert. Ausgetauscht werden nicht die elementspezifischen Daten selbst, sondern nur der Verweis auf den Elementeintrag im Katalog. Daraufhin führt das LEGOE-Programm und Datenbank automatisch eine Lebenszykluskostenberechnung und Energiebedarfsberechnung über Element- und Bauleistungskataloge aus. Der Elementkatalog hält in der Datenbank nicht nur **Kostenelemente** für den Neubau vor, sondern mit diesen verknüpft sind **Folgeelemente**, die den gesamten Lebenszyklus eines Elementes für die **Phasen Erneuerung, Unterhalt (Reinigung, Wartung, Betrieb) und Rückbau (Abbruch, Entsorgung)** abbilden. Durch Kenntnis des Neubaelementes wird somit ermöglicht, die Aufwendungen für den gesamten Lebenszyklus eines Elementes in einem Gebäude zu berechnen.

Anhand des vom Projektteam konzipierten „**wohngesunden Mustergebäudes**“ wurden erforderliche **Testläufe und Optimierungen** der entwickelten Internet-Plattform „BASYSnetz“, der Datenaustausch zwischen den verschiedenen Programmen der Projektpartner aus Architektur, Haustechnik und Statik sowie der LEGOE-Software, durchgeführt. Die Ergebnisse von Varianten können nach Herstellungskosten, Lebenszykluskosten, Energiebedarf oder Umweltbelastung optimiert werden.



Anhand zweier **projektbegleiteter Bauvorhaben**, dem Bornstedter Feld, Potsdam als Standard-Variante der BASYS-Lösungen und dem Bauvorhaben Wohnhaus Klute als optimierte Brettstapelsystem-Variante, wurden die jeweils aktuellen Teilergebnisse des Verbundvorhabens laufend überprüft.

Beide Bauvorhaben wurden in **Brettstapel-Bauweise** erstellt und werden über Holzpellet-Heizungen, das Wohnhaus Klute zusätzlich über eine solarthermische Anlage, mit Wärme versorgt.

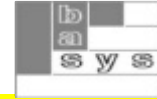
Aufgrund der Detailplanung des Architekten wurde im SirAdos-Baudatenkatalog ein **vollständiger Katalog** der Bauelemente der Brettstapeltechnologie angelegt. Diese Bauelemente wurden mit den notwendigen Folgeelementen zur Beschreibung der Reinigung, Wartungs- und Instandsetzungsphase ausgestattet. Soweit notwendig wurden bauphysikalische Daten und Kennziffern und ökologische Daten und Kennziffern ergänzt. Die verschiedenen Gebäudemodelle wurden eingegeben und unter den verschiedenen **Lebenszyklusaspekten berechnet**. Durch Projektvergleiche wurden Optimierungen durchgeführt. Zusätzlich wurde ein Programmmodul entwickelt, das auch die Eingabe einer Siedlung, wie im Bornstedter Feld notwendig, als Masterprojekt zulässt. Dadurch kann z.B. für einen Investor das gesamte **Siedlungsprojekt** auf demselben Niveau wie ein Einzelbauprojekt berechnet und dokumentiert werden.

Durch die Dokumentation der Berechnungen als **vorkonfigurierte Druckpakete** und die Dokumentverwaltung in der LEGOE Software wird es ermöglicht, daß der Planer nach der Realisierung des Bauvorhabens dem Nutzer eine vollständige Beschreibung des Objektes zusammenstellen kann. Damit wird eine Forderung des BMVBW in Hinblick auf den **Gebäudepass** erfüllt. Darüberhinaus wurde im Projekt auch eine Montage – bzw. Betriebsanleitung für das Bornstedter Feld bzw. Wohnhaus Klute realisiert, die in graphischer und textueller Form die Nutzungsphase des Gebäudes begleitet.

Der Langfassung des Berichtes liegt eine **elektronische Präsentation** des Verbundvorhabens aller Projektpartner auf **CD-ROM** bei.

Die vernetzten Ergebnisse und Arbeitsbereiche der einzelnen Verbundpartner sind dabei in selbsterklärender Weise und prägnant dargestellt.

Damit wurde exemplarisch gezeigt, daß anstelle von Fertighäusern und firmengebundenen Katalogprodukten verdichtete Wohnbauten im Neubau als **Unikate** mit **einer nachweisbar hervorragenden Ökobilanz**, ohne Schadstoffe und mit hoher Dauerhaftigkeit integriert geplant, gefertigt und montiert werden können.



## 2 Ausgangslage und Ziele des Projektes

Der innovative Hausbau befindet sich im Umbruch. Nachhaltige Änderungen und Anpassungen in Konstruktion, Fertigung und technischem Ausbau sind die Folge. Eine weitere Rationalisierung der Fertigung ist unter den aktuellen, verschärften Marktbedingungen zu erwarten.

### 2.1 Ausgangslage

Häufig werden bisher ausschließlich Minimierungen der Fertigungskosten und nicht eine Optimierung auf Grund einer ökonomischen und ökologischen Lebenszyklus-Gesamtkostenrechnung angestrebt.

Die Projektpartner des Verbundvorhabens sind mittelständische Betriebe aus den Bereichen Planung und Fertigung sowie ein spezialisiertes Hochschulinstitut. Alle Partner haben Forschungs- oder Entwicklungsarbeiten auf dem vorgesehenen Arbeitsgebiet geleistet. Durch die Beteiligung der Partner an laufenden Bauprojekten können die Teilresultate während der Projektlaufzeit laufend praktisch erprobt werden.

Das Verbundvorhaben beruht auf einem integrierten Kommunikations-, Planungs- und Fertigungsmodell auf der Basis neuer Informations- und Kommunikationstechniken.

Die vorgeschlagene Brettstapelholz-Technologie (BST) eignet sich besonders zur Erhöhung des Vorfertigungsanteils und zu stark vereinfachten Montagetechniken.

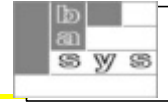
Einen besonderen Schwerpunkt bildet die Integration von Elektro-, Heizungs-, Lüftungs- und Sanitärinstallationen. Die gesamte Prozesskette von der Planung bis zur Bauausführung wird abgedeckt, zusätzlich wird das Gebäude im Hinblick auf seinen Lebenszyklus geplant und gefertigt d.h. Unterhalt, Erneuerung und Rückbau werden berücksichtigt.

Die angestrebte Systemlösung beruht auf einer Kombination eines Bauwerkmodells auf Grundlage der Elementgliederung, Schnittstellen zwischen bereits vorliegenden Hilfsmitteln und einem sehr weitgehenden Kommunikationsmodell das in einer internet-basierten Plattform integriert ist.

Innerhalb von branchenübergreifenden Gruppen sollen die vorgesehenen Resultate von verschiedenen dezentralen mittelständischen Unternehmen sofort umsetzbar sein. Die innovative Brettstapel-Technologie kann theoretisch bei 40-50 % aller Bauvorhaben eingesetzt werden.

Im Gegensatz zu bisherigen Optimierungs- und Rationalisierungsmodellen soll der Unikatcharakter des Planungs- und Bauprozesses nicht negiert, sondern im Gegenteil voll unterstützt werden.

Die frühzeitige und systematische Einbindung der technischen Gebäudeausrüstung bei Planung und Vorfertigung der Bauelemente durch NC-gesteuerte Fräsmaschinen führt zu deutlichen Vorteilen bei Einbau und Wartung.



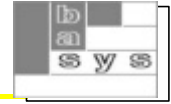
Die Koordination der verschiedenen Beteiligten und Gewerke geschieht innerhalb eines virtuellen Unternehmens über ein netzbasiertes Bauwerks- und Kommunikationsmodell, das auf der heute allgemein verwendeten Elementkostensystematik aufbaut (sowie standardisierten Schnittstellen wie STEP, GAEB etc. und Bestandteile von IFC).

Damit wird eine hohe Kompatibilität zu den vorhandenen Strukturen in Planungs- und Ausbaugewerken sichergestellt. Das Produktmodell ist eine Weiterentwicklung des im LEGOE-Projekt entwickelten Integrationsmodells. Es geht von existierenden CAD Systemen aus, führt automatisch eine Lebenszykluskostenberechnung und Energiebedarfsberechnung über Element- und Bauleistungskataloge aus, steuert die Fertigungsanlagen und die Arbeitsvorbereitungsprogramme der Ausbaugewerke über eine Schnittstelle an.

Soweit dem Autor bekannt, werden z.Zt. Forschungen im Bereich der Instandsetzungskosten unter verschiedenen Alterungsszenarien durchgeführt (z.B. ifib, Karlsruhe). Weiterhin werden verschiedene Ansätze für ökologische Bewertung von Gebäuden im Forschungsbereich realisiert, die aber entweder mehr den Bewertungsstandpunkt betonen (Prof. Diederichs, Uni Wuppertal) oder nur ein bauelement-basiertes Schichtenmodell ohne komplexe Bauwerksaussage (Programm Bauloop, Prof. Graupner, Uni Darmstadt). Einen vollständig integralen Ansatz, der alle Aspekte der Architektenarbeit umfasst und diese erweitert im Bereich der Umweltbelastungen ist z.Zt. nicht bekannt in Deutschland. Der Softwaremarkt für Architektursoftware beschäftigt sich entweder mit der grafischen Darstellung (CAD-Programme) oder dem Aspekt der Kosten (AVA-Programme) oder dem Aspekt Wärme (Wärmeschutz- und Energiesparprogramme). Der Datenaustausch zwischen diesen Programmen besteht entweder überhaupt nicht oder nur sehr eingeschränkt. Programme zur Berechnung der Umweltbelastung werden überhaupt nicht angeboten. Die Berechnungen von Gebäuden und die Dokumentation der Ergebnisse über den gesamten Lebenszyklus im Rahmen einer integralen Software mit hoher Zeiteffizienz ist z.Zt. noch einmalig. Vergleichbare Verfahren zur Vorhersage von Instandsetzungskosten, Wartungs- und Reinigungskosten existieren nicht. Verfahren zur Berechnung von ökologischen Belastung von Gebäuden während der Erstellungs- und Nutzungsphase existieren z.Zt. nicht. Verfahren zur Berechnung der Einhaltung der Energie-Einspar-Verordnung sind als Software-Programme erhältlich. Verfahren zur Berechnung von Strom- und Wasserverbrauch, zur Bauteilammortisation existieren z.Zt. nicht.

Die grundlegende Technologie ist der innovative massive Holzbau mit Brettstapelholz-Elementen, der in Zukunft von einer Vielzahl von ausführenden Betrieben übernommen werden kann. Dieses Verfahren hat sich auf Grund von Berechnungen und ersten Pilotprojekten als ökobilanzmässig vielversprechendste Technologie erwiesen.

Anstelle von fertigungsoptimierten Billiglösungen, die eine geringe Dauerhaftigkeit aufweisen, wird eine langfristige, nachhaltige Lösung durch die Koordination der Ausbauelemente mit dem Tragwerk im Hinblick auf Funktionserfüllung, Fertigungs- und Montagetechnik und Reparierbarkeit sowie Erneuerbarkeit realisiert.



Durch die reale Planungsaufgabe der Siedlung „Bornstedter Feld“ in Berlin-Potsdam durch das Architekturbüro Eble, das Haustechnikbüro Schelling und die Holzbaufirma Merkle ergab sich die Möglichkeit entwurfs- und baubegleitend das Projekt von der Entwurfsskizze bis zur Übergabe an den Bauherren realitätsnah zu verfolgen. Durch das Forschungsvorhaben Basys konnten sowohl die Defizite während der verschiedenen Arbeitsphasen analysiert als auch Verbesserungsmöglichkeiten entwickelt und zum Teil konkret umgesetzt werden.

## 2.2 Ziele

### 2.2.1 Gesamtziel des Verbundprojektes

Zielsetzung des Verbundvorhabens ist das Entwickeln, Validieren und Demonstrieren einer offenen Systemlösung für die Planung und Fertigung von Unikaten im verdichteten Wohnungsbau auf Basis der innovativen Massivholztechnologie „Brettstapelbauweise“ und parametrisierter Ausbaulösungen.

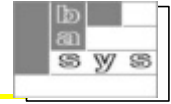
Es sollen langfristig optimale Lösung durch niedrige Gesamtkosten, hohe Dauerhaftigkeit, hohe Flexibilität, langfristige Anpassbarkeit, hohe Behaglichkeit und sehr geringe Umweltbelastung entwickelt werden.

Die Kopplung von Planung, Fertigung und Montage über ein netzbasiertes, digitales Bauwerks- und Kommunikationsmodell soll realisiert werden. Für diese Zielerreichung wird der Zusammenschluss der multidisziplinären mittelständischen Projektpartner zu einem virtuellen Unternehmen angestrebt.

Die laufende Überprüfung und Validierung der Teilresultate soll in realen Bauprojekten durchgeführt werden. Die Demonstration des Gesamtsystems soll zum Ende des Projektes vorliegen.

### 2.2.2 Wissenschaftliche und technische Zielsetzungen

Planung, Fertigung und Montage von verdichteten Wohnbauten, im wesentlichen Wohnungsbau, soll im Rahmen einer virtuellen Unternehmung über ein netzbasiertes, digitales Bauwerks- und Kommunikationsmodell entwickelt werden. Dies dient als Grundlage für die Einführung der neuen Brettstapelholz-Technologie und die Integration von parametrisierten, vorgefertigten Modulen in Innenausbau und Haustechnik.



Die Kopplung von CAD, AVA, numerisch gesteuerter Fertigung von Tragwerk und Ausbauelementen (CAM) sowie Bauablaufplanung als durchgehende, offene Lösung für KMU soll demonstriert werden.

Eine weitgehende Vorfabrikation von aufeinander abgestimmten Modulen von Tragwerk, Innenausbau und Haustechnik soll ein schnelleres, effektiveres und fehlerfreies Bauen und Installieren erlauben.

Der Einsatz von Simulationstechniken zur Optimierung der Montage über eine virtuelle Baustelle und zur Ausbildung von Arbeitskräften in neuen Unikat-Montageabläufen mittels Visualisierung und Rückkopplung von Erfahrungswissen soll demonstriert und aufgezeigt werden.

Die systematische Weiterentwicklung der innovativen Massivholztechnik des unbehandelten, zweitklassigen Brettstapelholzes soll erreicht werden. Hierzu sollen alle relevanten anforderungsorientierten Kriterien wie Wärmeschutz, Schallschutz, Brandschutz, Dauerhaftigkeit, Umweltverträglichkeit etc. abgeklärt werden.

Eine integrierte Lebenszyklusberechnung für Kosten, Energie und Umweltbelastung ist für die zu entwickelnden Techniken und Verfahren durchzuführen. Hierbei soll die Minimierung der lebenszyklusbezogenen Gesamtkosten (Bau-, Unterhalt-, Erneuerungskosten) und die Maximierung der Nachhaltigkeit, als Grundlage der Optimierung, im Vordergrund stehen.

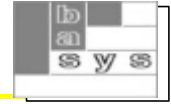
Die Entwicklung und Erprobung interdisziplinärer, berufsbegleitender und betriebsinterner Aus- und Weiterbildungskonzepte und Qualifizierungsmaßnahmen wird angestrebt.

### **2.2.3 Ziele des Teilvorhabens**

Innerhalb des Teilvorhabens „Lebenszyklusmodell mit Element- und Bauleistungssystematik und Projektkoordination“ teilt sich die Aufgabe in zwei Bereiche:

Die **Projektkoordination** soll durch eine eine Strukturierung des Planungs- bzw. Entwicklungsprozesses in verschiedene Phasen auf der Projektebene erarbeiten, um eine Art „Leitfaden“ für die Durchführung des Projektes und einen groben Überblick über den Projektverlauf zu geben. Zu jeder Phase wird dabei ein vorläufiges Phasenziel erarbeitet und daraus unter Berücksichtigung der von außen vorgegebenen zeitlichen Vorgaben ein grober zeitlicher Rahmen für das Projekt mit entsprechenden Meilensteine abgeleitet.

Auf Basis dieser groben Strukturierung werden die einzelnen Projektphasen erst im Planungsverlauf vor Beginn der jeweiligen Phase unter Berücksichtigung der vorangegangenen Planungsergebnisse und veränderten Randbedingungen geplant. Zu jedem Kontext- bzw. Aspektbereich des Projektes werden dabei auf der Grundlage der Ergebnisse der Vorphase die Phasenziele unter Einbeziehung des aktuellen Wissenstandes überarbeitet.



Dieses phasenweise Entwickeln und Festlegen der Vorgehensweise und die ständige Einbindung der Zielfindung und -anpassung in den Planungsprozeß soll die hohe Dynamik branchenübergreifender Entwicklungsprojekte berücksichtigen. Die Rückkopplung zwischen den verschiedenen Projektphasen fördert zudem die in der "Integralen Planung" angestrebte phasenübergreifende Integration.

Das **Lebenszyklusmodell mit Element- und Bauleistungssystematik** soll die Integrierte Lebenszyklusberechnung (Kosten, Energie, Umweltbelastung) ermöglichen. Ziel ist die Minimierung der lebenszyklusbezogenen Gesamtkosten (Bau-, Unterhalt-, Erneuerungskosten) und Maximieren der Nachhaltigkeit als Grundlage der Optimierung.

Die Software soll sich in das übliche Arbeitsumfeld der Planung- und Architekturbüros integrieren, so daß übliche Doppelt- oder Mehrfacheingaben entfallen. Dadurch sollen Fehler und Disparitäten in der Projektbearbeitung auch bei wechselnden Mitarbeitern vermieden werden.

Das Brettstapelsystem, als innovative Massivholztechnologie, sollte für den verdichteten Wohnungsbau angewendet werden. Die dabei entstehenden Gebäudemodelle sollten mit LEGOE über den gesamten Lebenszyklus berechnet und optimiert werden.

Folgende Teilziele wurden verfolgt:

- ? Lebenszyklusmodell des Gebäudes über beliebige Nutzungszeiträume
- ? Element- und Bauleistungssystematik für die Brettstapeltechnologie
- ? Validierung des Gebäudes nach Herstellungskosten, Lebenszykluskosten, Energiebedarf und Umweltbelastung
- ? Laufende Überprüfung und Validierung der Teilresultate in realen Bauprojekten
- ? Demonstration des Gesamtsystems.

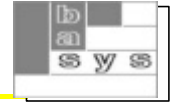
## **2.2.4 Kooperation mit F&E-Projekten**

Die Ergebnisse der Arbeit wurde fortlaufend mit folgenden Lehrstühlen, Instituten und Firmen diskutiert und in Form eines critical review berücksichtigt. Die Anregung und Kritik wurde in das Programm bzw. die Datenbank eingearbeitet.

**Lehrstuhl für Ökonomie und Ökologie im Wohnungsbau**

**Prof. Dr. Thomas Lützkendorf**





Universität Karlsruhe (TH)

Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

Lehrstuhl Ökonomie und Ökologie des Wohnungsbaus (Kurzbezeichnung **ÖÖW**)

Post : 76 128 Karlsruhe, Kaiserstr. 12

Sitz : Kollegium am Schloss, Bau IV

Tel. : 0721 608 8340 / - 8336 (Sekretariat)

Fax : 0721 608 8341

mail : [thomas.luetzkendorf@wiwi.uni-karlsruhe.de](mailto:thomas.luetzkendorf@wiwi.uni-karlsruhe.de)

**Fa. Quasar GmbH**

**Dipl. Inform. Beyer**

Wilhelm-Maigatterweg 1

85221 Dachau

Tel.: 08131-666937

Fax.: 08131-667024

E-mail: [michael.beyer@quasar-gmbh.de](mailto:michael.beyer@quasar-gmbh.de)

**Edition AUM GmbH**

**Thomas Voelckner**

Wilhelm-Maigatterweg 1

85221 Dachau

Tel.: 08131-56590

Fax.: 08131-86748

E-mail: [info@sirados.de](mailto:info@sirados.de)

**Institut für Baustofftechnologie, Kiel,**

**Prof. Dr. Wolfgang Linden**

Lorenz v. Stein Ring 1-5

24340 Eckernförde

Tel.: 04351-473170

Fax: 04351-4716201

E-mail: [wolfgang.linden@fh-kiel.de](mailto:wolfgang.linden@fh-kiel.de)

**Gesellschaft für ökologische Bautechnik Berlin mbH , Berlin**

**Architekt Dipl. Ing. Rudolphi**



Mulackstr. 19  
10119 Berlin  
Tel.: 030-28884540  
Fax.: 030-28884545  
E-naul: [info@gföb.de](mailto:info@gföb.de)

**Katalyse e.V. – Institut für angewandte Umweltforschung**

**Dr. Rolf Buschmann**

Remigiusstr. 21  
D – 50937 Köln  
Tel.: 0221-9440480  
Fax: 0221-9440489  
E-mail: [info@katalyse.de](mailto:info@katalyse.de)

**Institut Peridomus**

**Dr. Gerhard Führer**

Mausbergstraße 9  
97267 Himmelstadt  
Telefon 09364-896001  
Fax:09364-896002

**IWU, Institut Wohnen und Umwelt**

Annastraße 15,  
64285 Darmstadt

### 3 Die Arbeitsweise des Architekten und das LEGOE-Zielkonzept

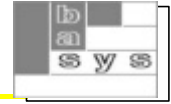
Die Arbeitsweise des Architekten wird in entscheidendem Maße von der Honorarordnung (HOAI) geprägt. In neun Leistungsstufen werden die Arbeiten als Haupt- oder Nebenleistungen beschrieben. Der neunstufige Aufbau umfasst die Gesamtleistung zur Erstellung eines Gebäudes von den ersten Vorentwurfsskizzen über die verschiedenen Planungsstufen bis zur Ausschreibung und Durchführung des Bauvorhabens und seiner Dokumentation.



Abbildung 3-1: Die Arbeit des Architekten mit der Sirados Datenbank

#### 3.1 Idee und Unschärfe

Das Grundmerkmal der Architektenarbeit besteht einerseits in der Entwicklung einer oder mehreren Ideen mit hohem Variantenreichtum. Die Idee, bzw. jede Idee muss in ihrer Komplexität die Erfüllung der gestellten Aufgabe enthalten. Wegen der in den Vorentwurfsphasen notwendigen großen Flexibilität muss zwangsläufig eine hohe Ungenauigkeit bzw. Unschärfe in vielen Detailfragen in Kauf genommen werden. Der Variantenreichtum bzw. die Unschärfe der Einzelaussage bedingt die großen



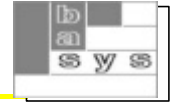
Schwierigkeiten bei der Anwendung von Computerprogrammen im Zeichnungsbereich, da diese eine exakte eindeutige Information benötigen.

Andererseits werden seitens des Auftraggebers zu diesem frühen Planungszeitpunkt relativ genaue Angaben verlangt, z.B. zu Flächen, zur Kubatur, zum Raumprogramm, zu Funktionsabläufen, zu Kosten, zu Terminen. Der Widerspruch zwischen Ideenreichtum und Unschärfe einerseits und exakter Dateninformation und Kostenaussagen andererseits hat sich seit Mitte der 90-er Jahre erheblich verschärft. Die Auftraggeber stellen wesentlich erhöhte Forderungen an den Gebäudeplaner bzw. seinen Entwurf:

- ? Obergrenzen für die Baukosten durch Förderprogramme  
z.B. 1.800.- DM/m<sup>2</sup> Wohnfläche
- ? Aussagen zum Energieverbrauch des Gebäudes  
z.B. unter 6 l Energieäquivalent Heizöl/m<sup>2</sup> Wohnfläche und Jahr
- ? Ausschluss bestimmter Baustoffe von der Verwendung  
z.B. Kein Einsatz von PVC
- ? Begrenzung von Schadstoffen in der Raumluft  
z.B. durch Einsatz von Spanplatten unter 0,1 ppm  
Formaldehydabgabe.

Die Zielfindungsdiskussion zwischen Bauherren und Planern in frühen Planungsphasen muß durch Programme und deren Auswertungen unterstützt werden. Die Eingabe von Zielwerten für das Bauprojekt bei Planungsbeginn des Bauvorhabens muß ermöglicht werden.

Auch wenn in frühen Planungsphasen eine grosse Unschärfe besteht, können Anforderungen zu Beginn des Projektes festgelegt werden und diese werden dann während des weiteren Planungs- und Bauprozesses bis zur Abnahme und Inbetriebnahme des Gebäudes mit immer grösserer Genauigkeit überprüft. Die Einhaltung der festgelegten Zielwerte während des gesamten Entwurfsprozeß und während der Realisierungsphase setzt ein Arbeitssystem voraus, das durch seinen modularen Aufbau in keiner Arbeitsphase einen Wechsel der Datengrundlage, der Systematik oder des Programms erfordert.



## 3.2 EDV und Information

Der Einzug der elektronischen Datenverarbeitung in den Architektur- bzw. Verwaltungsbüros hat nicht nur Arbeitserleichterung gebracht. Die Menge der zur Verfügung gestellten Daten hat um ein Vielfaches zugenommen. Neben den bekannten Informationsmedien wie Periodika, Werbebroschüren, Prospektordner und Lose-Blatt-Sammlungen sind elektronische Medien wie Diskette, CD und Online-Dienste hinzugekommen. Besonders die planungsrelevanten Änderungen bei den Normenausschüssen haben durch die Anpassung an EU-Vorschriften eine besondere Dynamik erhalten.

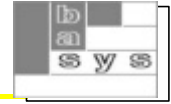
Dieser "Informationsflut" kann mit den üblichen Arbeitsweisen in den Planungsbüros nach der bewährten Methode „sammeln, durcharbeiten, Änderungen festhalten, ordnen, abheften“ kaum noch bewältigt werden.

Die Archivierung der Daten in räumlich komprimierter Form auf elektronischen Datenträgern bringt nicht die benötigte Planungssicherheit. Die Informationsfülle muss geprüft und die Folgen für die Planungspraxis konzentriert zusammengefasst werden. Diese Arbeit übernehmen Informationsdienste in Form von Lose-Blatt-Sammlungen oder sog. Online-Dienste für Architekturbüros. Vier Forderungen sind dabei zu erfüllen:

- ? Die Information muss auf die Tätigkeit des Büros abgestimmt sein, da ohne diese Vorauswahl der Arbeitsaufwand unvermeidbar hoch ist.
- ? Der Wert der Information ergibt sich aus ihrem Komprimierungsgrad. So müssen juristische Texte auf ihre Konsequenz in Bezug auf die Problemstellungen innerhalb der Arbeitsprojekte geprüft werden.
- ? Durch regelmäßige Datenpflege sind die Informationen den Veränderungen anzupassen.
- ? Einfache Suchfunktionen erlauben schnelles zielorientiertes Arbeiten.

### 3.2.1 Elektronische Speichermedien, Online-Dienste, Suchmaschinen

Ein wesentlicher Nachteil der elektronischen Medien ist ihre "nicht Sichtbarkeit". Besonders für Architekten und Planer, die als „Augenmenschen“ vor allem auf die optische Information reagieren, ist die auf Festplatte, Diskette oder CD gespeicherte Information geradezu versteckt. Ein Hilfsmittel für schnelle Ergebnisse bei der Informationssuche sind die sog. Suchmaschinen. Diese sind in der Lage nach Eingabe eines Suchbegriffs in relativ kurzer Zeit große Datenbestände zu durchforsten und Fundstellen dem Anwender anzuzeigen. Eine



Neuerung bei dem Angebot von Informationen ist das sog. Online-Angebot. Dabei wird die Information nicht mehr in den Büroräumen vorgehalten, sondern wird bei großen Zentralrechnern abgeholt. Die Verbindung zu den Zentralrechnern wird üblicherweise durch die Telefonleitung hergestellt. Große Verlage bieten ihre Informationen Online direkt dem Kunden an z.B. als Dienstleistung über das Internet.

### 3.2.2 Datenverwaltung im Architekturbüro

Die Informationsverwaltung im Architekturbüro ist auch weiterhin mehrstufig aufgebaut. Eigene Projektdaten werden im Archiv verwaltet, aufgearbeitet und komprimiert in Durchschnittswerten (z.B. Baukosten). Dazu gehören auch sog. Musterleistungsverzeichnisse oder auch Regeldetails.

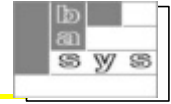
Neutrale Informationsdaten zu vielen Arbeitsgebieten sind heute verfügbar als Lose-Blatt-Sammlung, auf CD mit regelmäßiger Aktualisierung oder als Online-Hilfe. Produktbezogene Informationen werden in Prospekten, Ordnern oder neuerdings auf CD bzw. Online, meist über das Internet verwaltet bzw. situationsbedingt angefordert.

Das Hauptproblem bei der Datenverwaltung besteht in ihrer Aktualisierung und ihrem logischen Zusammenhang bei der Archivierung. Die Aktualität des eigenen Archivs bedeutet Zeitaufwand, da die immer neu hereinkommende Information auf ihre Bedeutung und Verwendbarkeit geprüft werden muss. Vor allem ist bei der zunehmenden Spezialisierung auf bestimmte Bauaufgaben die Auswahl der relevanten Informationen wichtig.

Weiterhin müssen die Informationen aufeinander aufbauen, es muss ein logischer Zusammenhang zwischen den unterschiedlichen Detaillierungsgraden bestehen. Es darf kein Widerspruch zwischen der Aussage zu den Kosten während der Vorentwurfsphase und der Realisierungsphase bestehen. Dies ist aber nur bei einem modularen Aufbau der Informationsdatenbank mit zwischengeschalteten Komprimierungsstufen gewährleistet.

### 3.2.3 Datenaustausch zwischen den Planungsbeteiligten

Durch die digitalisierte Erfassung aller Baudaten und die Austauschmöglichkeiten über das Internet wird der Informationsaustausch zwischen den Planungsbeteiligten erheblich verändert. War bis vor zehn Jahren noch Papier in Form von Lichtpausen oder Kopien der wesentliche Informationsträger, so ist heute die Diskette oder die CD-Rom als materieller Datenträger im Gebrauch. Durch den Anschluß der stationären Bürorechner an das Internet mittels Modem wird zunehmend auch direkt zwischen den Rechnern die Informationen ausgetauscht. Ein weiterer Schritt wurde im Forschungsprojekt BASYS institutionalisiert: Das gemeinsame Internetbüro als Planungsplattform. Damit steht allen Planungsbeteiligten



unabhängig von ihrer Entfernung zueinander, alle Informationen des Projektes auf einem Netzserver zur Verfügung. Voraussetzung ist dabei, daß alle Informationen digitalisiert werden und die Dateien von allen Beteiligten gelesen oder auch bearbeitet werden können.

### 3.3 Datenbanken und Software für Architekten

#### 3.3.1 Datenbanken – Leistungspositionen

Datenbanken für die Ausschreibungsprogramme (AVA) bieten den Architekten eine große Auswahl vorformulierter Texte für Leistungspositionen an. Durch jährliche Überarbeitung wird eine dauernde Anpassung an den Stand der Technik erreicht. Die Leistungspositionen werden üblicherweise mit Preisen verknüpft. Weietre Auswertungen sind nur dann möglich, wenn diese Leistungstexte Informationen über Material , Dicke , Verarbeitung usw. nicht nur als Textdokument vorhalten, sondern als programmlesbare Datenbankinformation.

#### 3.3.2 AVA (Ausschreibung-Vergabe-Abrechnung)

Die Software im AVA-Bereich wurde entwickelt, um das Erstellen von Leistungsverzeichnissen in der Gliederungsvorgabe des Standardleistungsbuches (StlB) aus Positionstexten zu erleichtern. Durch die Verknüpfung mit den Ausführungspreisen sind zusätzlich Aussagen über die Baukosten des Projektes möglich. Nachteilig ist, daß die Massenermittlung und das Aufstellen von Leistungsverzeichnissen relativ spät im Planungsprozess erfolgt, so dass die ermittelten Kostenwerte kaum Einfluss auf die Planung haben können. Aus diesem Grund werden die Programme dahingehend erweitert, Bauelemente in früheren Planungsphasen einzusetzen. Ein Kostenausblick in die Nutzungsphase eines Gebäudes ist mangels Daten zur Reinigung, zum Betrieb oder zur Instandsetzung nicht möglich. **Das AVA-Programm sollte die Nutzungsphase des Gebäudes durch die Auswertung der Nachfolgeelemente bezogen auf die Kosten abbilden.**

#### 3.3.3 Datenbanken – Elemente

Die Datenbanken in den CAD-Programmen bieten eine Auswahl von Bauelementen mit vorformulierten Eigenschaften an. Eine Übergabe der erfassten Daten zu anderen Auswertungsprogrammen z.B. ist Energieberechnungsprogrammen ist bei den meisten CAD-Programmen bis heute nicht möglich. Dies scheidert zum einen an den fehlenden Schnittstellen, zum anderen an den fehlenden Daten zur Berechnung des energetischen

Verhaltens der Bauteile. **Eine Auswertung des elementierten CAD-Gebäudemodells für die Wärmebilanzierung eines Gebäudes muß ermöglicht werden.**

Bauelemente auf der Basis von Leistungspositionen werden nur von drei Datenbanken in Deutschland angeboten. Die Qualität und damit deren Anwendbarkeit im Planungsprozess ist sehr unterschiedlich. Nur Elemente, die aus Leistungspositionen entwickelt werden, sind auch im weiteren Planungsprozess einsetzbar.

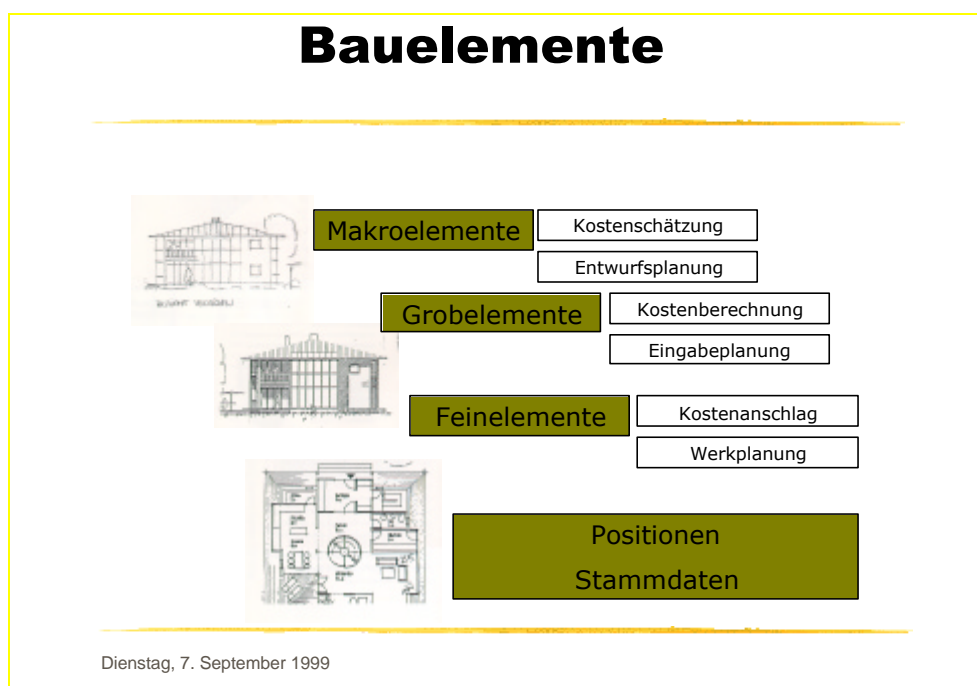


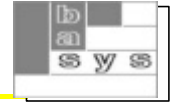
Abbildung 3-2: Elementaufbau

Der Elementkatalog muß außerdem modular aufgebaut sein. Der modulare Aufbau eines Elementkataloges vom Makroelement über das Grobelement und Feinelement zur Leistungsposition entspricht der Arbeitsweise des Architekten und ermöglicht eine kontinuierliche Dokumentation und Bewertung des Planungsergebnisses ohne Bruch in den verwendeten Grundlagendaten. Die Elemente liefern außer den Ausschreibungstexten durch die Kopplung mit Baupreisen Informationen für die Kostenplanung des Gebäudes.

### 3.3.4 Energieberechnungsprogramme-Bauphysikprogramme

Dem Planer werden für die energetische Analyse des Gebäudes viele Programme mit sehr unterschiedlichem Leistungsspektrum angeboten: Von der einfachen Berechnung des Wärmebedarfsnachweises, über die Untersuchung von Bauteilen hinsichtlich Wärmebrücken oder diffusionstechnischen Eigenschaften bis zu komplexen Simulationsprogrammen. Ein Datenaustausch zwischen der CAD- bzw. den AVA-Programmen und den Wärme- und





Energieprogrammen ist zur Zeit nur bei wenigen Programmen, die über eine gemeinsame Schnittstelle verfügen, möglich. Dies bedeutet, dass das Gebäude mit sämtlichen Angaben zu den Mengen der Hüllflächen und dem Aufbau der einzelnen Bauteile in dem Wärme- und Energieprogramm neu eingegeben werden muss. Auch die Angaben zur Orientierung der einzelnen Gebäudeaußenwandflächen, die in der CAD bereits vorhanden sind, müssen neu ermittelt werden. Wird ein Elementkatalog mit Daten zur bauphysikalischen Beschreibung des Elements, der Position und der eingesetzten Materialien ausgestattet, ist eine Auswertung über ein Energieprogramm möglich.

### **3.3.5 Facility management**

Da bei dem riesigen Gebäudebestand in der BRD die effiziente Betreuung der vorhandenen Gebäude einen immer größeren Stellenwert einnimmt, werden für diesen Bereich vermehrt EDV-Programme angeboten. Die sogenannten Facility-Management (FM) - Programme sind graphische Programme, die aus den vorhandenen CAD-Programmen mit bestimmten Spezifikationen weiterentwickelt wurden. Auch hier ist eine Verknüpfung der Gebäudedaten mit Ausschreibungswerkzeugen und entsprechenden Datenbanken nicht vorgesehen. Die Planungsdaten eines realisierten Projekts müssen in einer Form zur Verfügung gestellt werden, die eine elektronische Weiterverarbeitung der Daten in FM-Programmen ermöglicht.

## **3.4 Zielkonzept**

### **3.4.1 Neue Arbeitsorganisation des Planers und Architekten**

Die für ein effizientes Arbeiten notwendige Planungsumgebung kann wie folgt beschrieben werden:

Der Architekt plant sein Gebäude in einem CAD-System. Die Räume und Elemente (z.B. Wände, Fenster) werden topologisch in ihren Beziehungen und gegenüber der Umwelt (z.B. Ausrichtung nach Himmelsrichtung) situiert. Den einzelnen Elementen, die bis dahin nur eine geometrische Realität hatten, wird durch Verknüpfung mit einer Elementdatenbank ein Elementbezeichner zugeordnet: Ein geometrisches Objekt wird dadurch zu einer Wand eines gewissen Elementtyps. Die Liste der möglichen Elemente existiert in einer Datenbank, auf die das CAD-System über eine Schnittstelle Zugriff hat. Diese Elemente enthalten eine Vielzahl von Daten sowie die Produkt und Sachbilanzbezeichner. Das CAD-Programm produziert darauf aufbauend laufend einen Massenauszug (eine Liste von Elementen mit Angaben zur Geometrie, Topologie und Typ). Der Auszug daraus wird in eine Projektdatei übertragen (PDB = Projektdatenbasis). Aus dieser projektspezifischen PDB lesen andere

Programme ihre, zur Auswertung notwendigen, Kennziffern. Damit führen die Programme ihrerseits durch Verknüpfung mit einer Vielzahl an Daten (Bauleistungen, Kosten, Energie, Umwelt, Bauphysik etc.) eine größere Anzahl an Berechnungen durch. Die Resultate dieser Berechnungen werden ihrerseits an ein Visualisierungs- bzw. Bewertungsprogramm weitergegeben, das diese Berechnungen mit Referenzwerten aus der Datenbank vergleicht und bewertet. Die Art der Bewertung (Kriterium, Variante, Element, Zeitraum etc.) sowie die Art der graphischen Darstellung, können vom Benutzer gewählt werden.

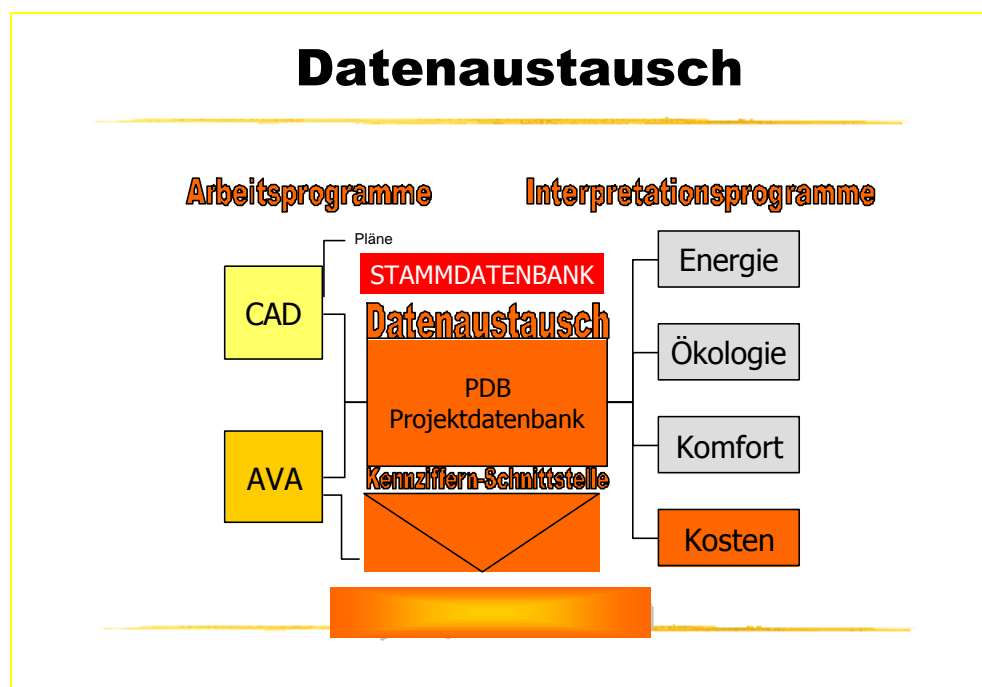


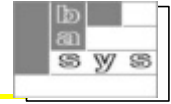
Abbildung 3-3: Datenaustausch über Projektdatenbasis

### 3.4.2 Inhalte der Datenbank

Die Leistungspositionen der Sirados-Datenbank sind zusätzlich zu den Kostendaten mit bauphysikalischen und ökologischen Daten ausgestattet. Für die eingesetzten Bauprodukte ist eine Materialdatenbank vorhanden. Die Ermittlung ökologischer Kennziffern setzt die Transformation der Leistungspositionen in Energie- und Stofffluss-Positionen voraus. Die Daten der Leistungspositionen stehen durch Aggregation auf der Ebene der Fein- bzw. Grobelemente dem Planer zur Erstellung einer Gebäudebeschreibung zur Verfügung.

### 3.4.3 Energetische Bewertung des Gebäudes

Die Ermittlung des Energiebedarfs eines Gebäudes ist bisher nicht Bestandteil der Architektenleistung. Nur der Nachweis des Wärmeschutzes ist zu erbringen. Da bereits die



Erstellung des Wärmeschutznachweises häufig dem Statiker überlassen bleibt, wird eine energetische Optimierung des Gebäudes bisher nur selten durchgeführt. **Durch den integralen Ansatz hat der Planer erstmals die Möglichkeiten eine energetische Bewertung und Optimierung direkt im Planungsprozess durchzuführen. Dies ist u.a. eine entscheidende Voraussetzung für die Umsetzung der Energieeinsparverordnung (EnEV).**

### 3.4.4 Ökologische Bewertung des Gebäudes

Die Ermittlung der Stoffstromdaten eines Gebäudes in Hinblick auf die Umweltbelastung und den Ressourcenverbrauch ist in den Leistungsphasen der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) als Arbeitsleistung nicht erfaßt. Mangels berechenbarer Daten beruhen die Aussagen über sogenannte „ökologische“ Gebäude auf ungesicherten Vermutungen des Planers und sind bisher nur als Absichtserklärung zu werten.

**Mit dem LEGOE-Programm kann eine durchgängige Berechnung aller Gebäudeelemente auf derselben Datenbasis wie bei der Kostenerfassung durchgeführt werden. Die dazu notwendigen Kennziffern werden für jedes Bauprodukt und jeden Arbeitsprozeß im Katalog bereitgestellt.**

### 3.4.5 Bewertung der Nutzungsphase des Gebäudes

Der Planer bzw. der Architekt beschäftigt sich vor allem mit der Erstellung des Gebäudes. Die Nutzungsphase fällt sowohl hinsichtlich des Betriebens (Heizung, Wartung) als auch in Bezug auf den Unterhalt (Pflege, Instandsetzen) bisher i.d.R. ebenfalls nicht in das Arbeitsgebiet des Architekten. Diese Leistung wird von Reinigungsfirmen und Hausverwaltungen bzw. von großen Wohnungsbaugesellschaften durch spezialisiertes Personal erbracht. Datenmaterial über diese Phase der Gebäudenutzung ist nur in geringem Umfang publiziert. Dadurch haben auch engagierte Architekten nur wenige Möglichkeiten fundierte Vorhersagen für das geplante Gebäude zu machen.

Investoren sind aber in zunehmendem Maße nicht nur an den Erstellungskosten interessiert, sondern Entscheidungen über Materialwahl und Konstruktionen orientieren sich zunehmend auch an den Folgekosten einer Immobilie. Insofern besteht die Notwendigkeit, dem Architekten bereits im Prozess der Entscheidungsfindung die Auswirkungen seiner Lösungen während der Nutzungsphase aufzuzeigen.

**Die LEGOE-Software verknüpft die Neubauelemente mit Reinigungs-, Wartungs-, Instandsetzungselementen. Die Auswertung des Gebäudeelementkataloges über den gesamten Lebenszyklus wird dadurch ermöglicht.**

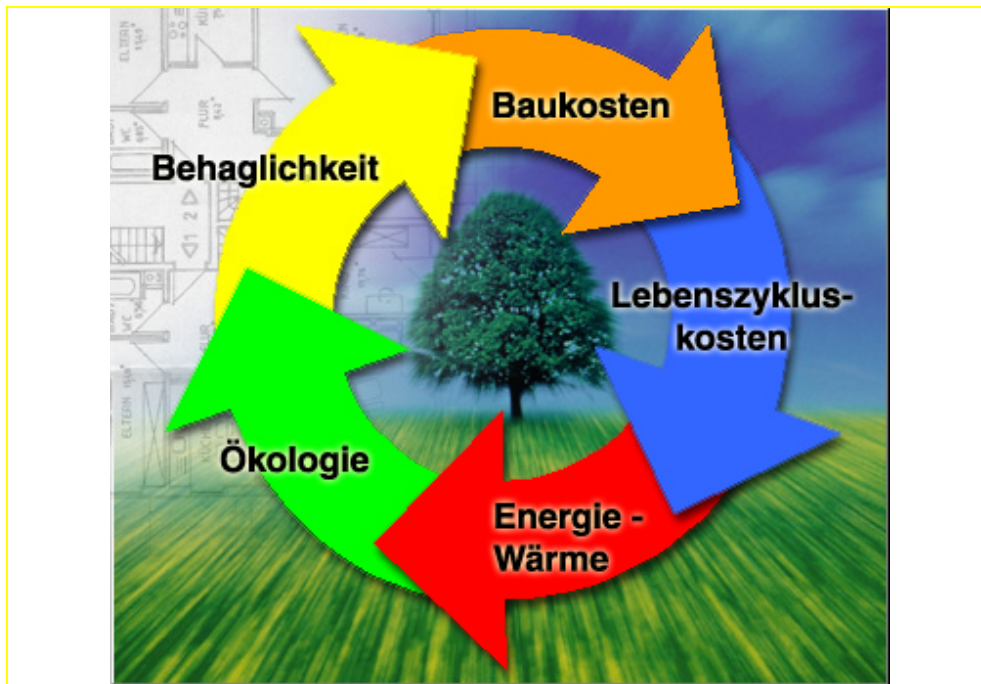


Abbildung 3-4: Lebenszyklus des Gebäudes

## 4 Grundlagen und Lösungsansätze

### 4.1 Elementkatalog

Die Informationen zu Bauprodukten, wie sie in verschiedenen Datenbanken dokumentiert sind, werden dem Architekten, Planer und Unternehmer in einer interpretationsfähigen und weiterverarbeitbaren Form zur Verfügung gestellt. Sie sind Teil eines Leistungs- und Elementkataloges, der bei dem Verlag Edition AUM bereits für Baukosten vorliegt. Durch Bezug der, um ökologische Aspekte ergänzten Produktinformationen auf eine funktionelle Einheit im Rahmen der Anwendung der Element-Methode (z.B. 1 m<sup>2</sup> Aussenwand) werden die ökologischen und ökonomischen Daten zu Bauprodukten auf ihre Anwendung im Gebäude bewertbar. Dieser Katalog wird mit dem im Projekt weiterentwickelten Interpretationsprogramm LEGOE über eine gemeinsame Datenbankplattform verknüpft. Damit ist die Kompatibilität von Datenbank und Programmen gesichert.

Mit Hilfe der Elemente ist es möglich, auf verschiedenen Planungsebenen mit demselben Datenmaterial arbeiten zu können. Der Elementekatalog der Edition AUM umfasst z.Zt. ca. 1500 Hochbauelemente Neubau, ca. 600 Hochbauelemente Altbau, ca. 300 Elemente technischer Ausbau, ca. 80 Elemente Bauwerk-Instandsetzung.

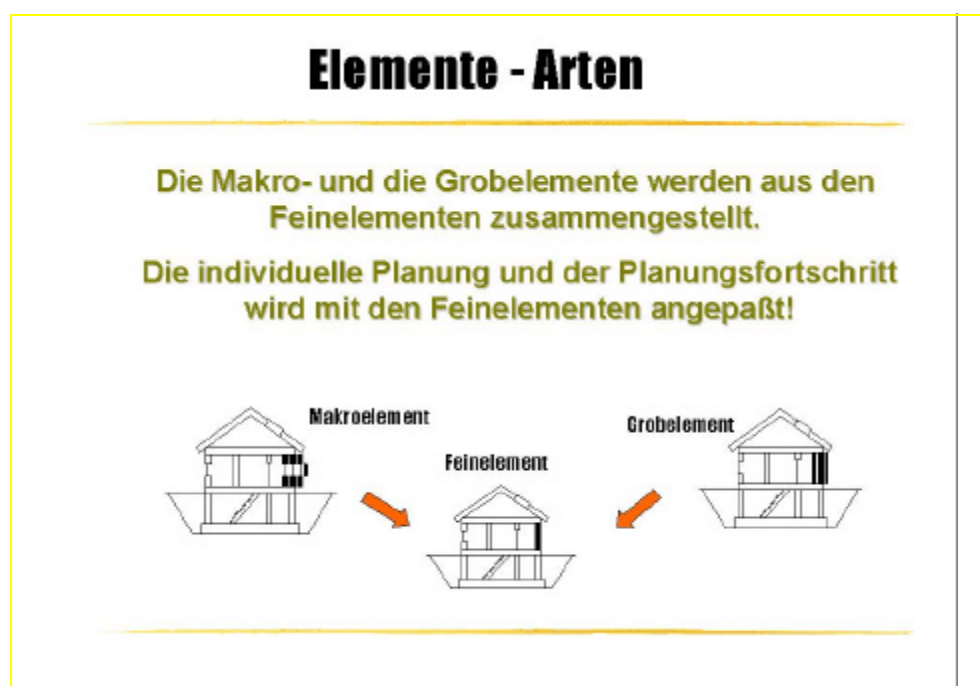


Abbildung 4-1: Makro-, Grob- und Feinelemente

Im Rahmen des Basys-Projektes wurde der Elementkatalog Hochbau/Neubau um ca 250 Elemente der Brettstapelbauweise und der projektspezifischen Haustechnik erweitert.

#### 4.1.1 Aufbau der Gebäudeelemente

Entscheidend für ein kontinuierliches Bearbeiten eines Projektes durch den Planer in allen Planungsphasen ist der Aufbau eines Elementkataloges mit Elementen, die das Gebäude mit unterschiedlicher Genauigkeit abbilden können.

##### 4.1.1.1 Makroelement

Ein Makroelement ist ein Bauteil eines Gebäudes. Makroelemente sollen in extrem reduzierter Anzahl die wesentlichen Bauteile des Gebäudes beschreiben.

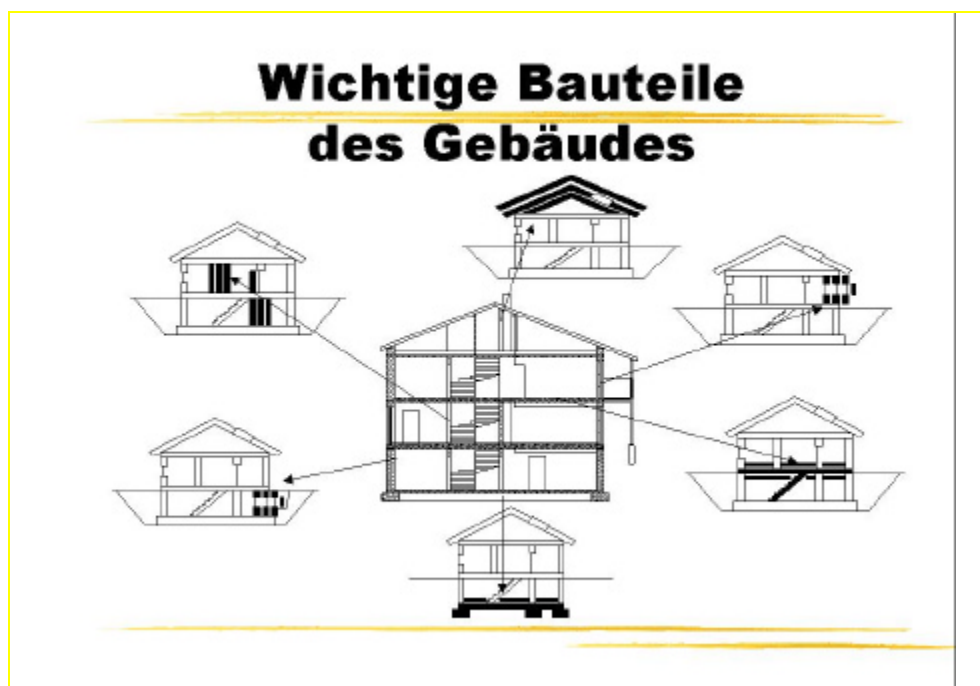


Abbildung 4-2: Konstruktionen des Gebäudes mit Makroelementen

Eine Kostenschätzung nach Makroelementen ist für die Planungsphase des Vorentwurfs geeignet. Die Methode kann anstatt oder als Ergänzung zur üblichen Schätzung der Gebäudekosten nach DM/m<sup>2</sup> Nutzfläche oder nach DM/m<sup>3</sup> umbauten Raum eingesetzt werden .

Die Makroelemente umfassen mit jeweils einem Element die Grundfläche, die Außenwand, die Decke, die Innenwand, das Dach und den technischen Ausbau (differenziert nach Sparten). Mit 16 bis 20 Makroelementen kann ein Gebäude erfaßt werden. Das

Makroelement berücksichtigt keinerlei individuelle Ausformungen von Baudetails. So werden z.B. Fenster in der Fassade oder ein Kamin auf dem Dach nur mit einem fixen Prozentanteil innerhalb des Elementes berücksichtigt. Makroelemente setzen sich aus Grob- und Feinelementen zusammen.

#### 4.1.1.2 Grobelement

Ein Grobelement ist eine Baukonstruktion eines Gebäudes. Grobelemente können für die Kostenschätzung, aber auch für die frühzeitige Kostenberechnung, eingesetzt werden. Sie begleiten den Entwurfsprozeß bis zur Anfertigung des Eingabeplanes.

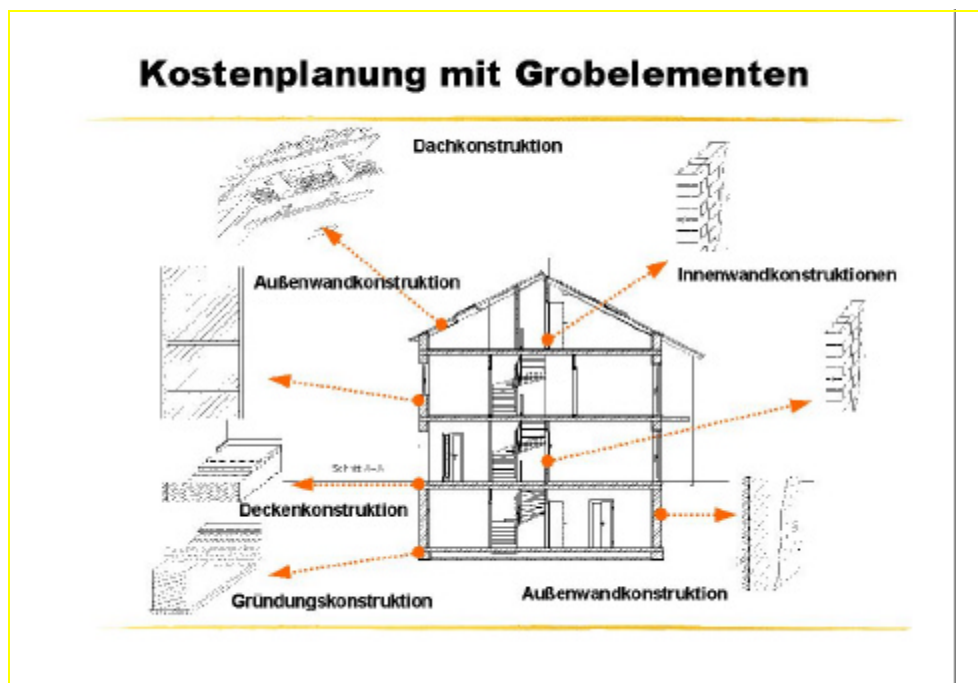


Abbildung 4-3: Kostenplanung mit Grobelementen des Gebäudes

Die Grobelemente differenzieren die einzelnen Bauteile der Makroelemente. Für eine Gebäudebeschreibung werden ca. 45 bis 65 Elemente benötigt. Die Konstruktionen werden mit ihren wesentlichen Qualitätsmerkmalen in verschiedenen Grobelementen erfaßt, z.B. Wandbauteile, Fenster, Deckenkonstruktionen oder Treppen. Grobelemente setzen sich aus Feinelementen zusammen. Durch das Austauschen von Feinelementen können die Grobelemente bei Bedarf speziellen Anforderungen angepaßt werden.

### 4.1.1.3 Feinelemente

Ein Feinelement ist ein Teil eines Bauteils oder einer Baukonstruktion. Feinelemente sind für die Anpassung des Gebäudes an die vielfältigen Entscheidungen während der Ausführungsplanung geeignet. Eine weitere Untergliederung auf der Elementebene ist nicht sinnvoll. Die auf diesen Angaben beruhende Kostenberechnung bzw. der Kostenanschlag kann die Baukosten mit +/- 5 % Genauigkeit erfassen.

Feinelemente beschreiben die einzelnen Schichten einer Baukonstruktion. Eine Außenwand gliedert sich in:

- die Innenverkleidung
- die Tragkonstruktion bzw. den Wandkern
- zusätzliche Schichten für die Wärmedämmung
- die Wetterschicht, z.B. Putz und Anstrich

## Musterseite - Feinelemente

**Legende**

1. Datenbereich
2. Gliederung nach DIN 275
3. Piktogramm
4. Elementkurztitel
5. Elementnummer
7. Positionnummer
8. Positionskurztext
9. Einzelpreise
10. Einheit
11. Positionsetzte
12. Faktor
13. Kostengruppen
14. Einzelpreisanteil
15. Elementsumme
16. Hinweise

Abbildung 4-4: Planung mit Feinelementen

Eine Deckenkonstruktion besteht aus den Schichten:

- dem Fußboden
- dem Estrich
- der Tragkonstruktion



? der Verkleidung der Untersicht

Im Laufe des Entwurfsprozesses bzw. während der Werkplanung werden immer mehr Bauelemente durch den Bauherren oder Planer präziser bestimmt. So können sukzessive die Grobelemente durch Feinelemente ersetzt und das Gebäude den Wünschen des Auftraggebers oder den Forderungen der Spezialplaner angepaßt werden. Die Bearbeitung kann durch den Zeichner im Rahmen der CAD-Planung oder durch den Bauleiter bei der Ausschreibung durchgeführt werden.

Ein einfaches Gebäude kann durch 130 bis 180 Feinelemente exakt beschrieben werden. Mit Feinelementen ist auch beim technischen Ausbau der Übergang von der Schätzung z.B. nach m<sup>2</sup> beheizter Fläche zur genauen Beschreibung des gewählten Standards möglich z.B. durch die Auswahl bestimmter Sanitärgegenstände. Feinelemente setzen sich aus Leistungspositionen zusammen.

#### 4.1.1.4 Element-Modulaufbau

Ein Makro-, Grob-, oder Feinelement ist immer aus Positionstexten aufgebaut. Der Inhalt des Elementes kann über die Leistungspositionstexte in den Feinelementen nachvollzogen werden. Die Positionstexte sind üblicherweise mit Kurztext, Einheit und Preisen in den Feinelementen wiedergegeben. Noch genauere Informationen über die einzelnen Leistungspositionstexte können durch den Aufruf der Langtextposition nachgelesen werden.

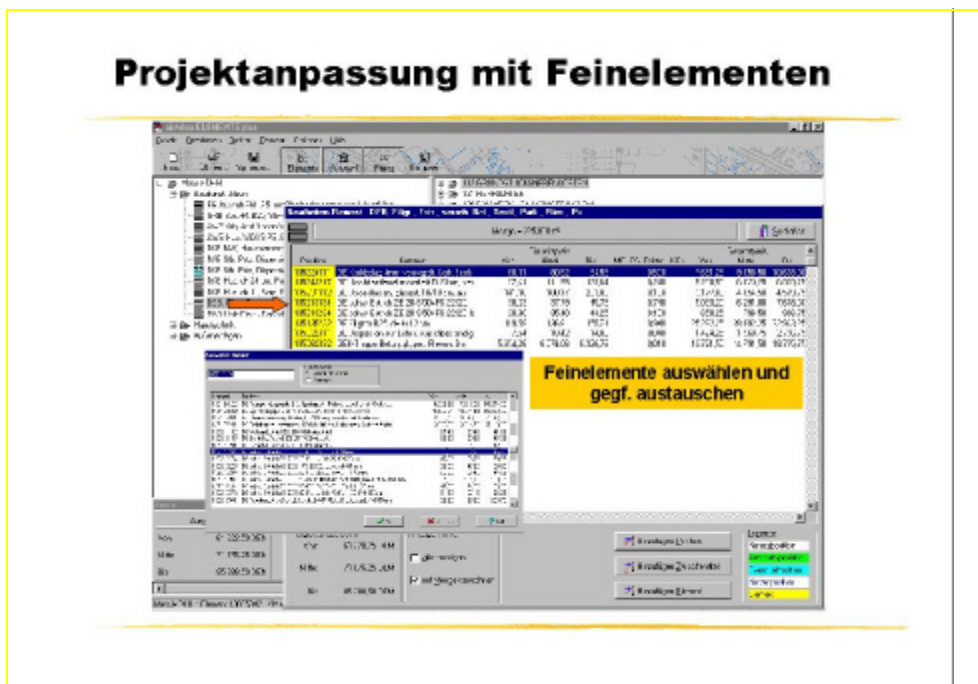
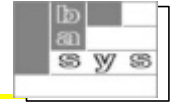


Abbildung 4-5: Projektanpassung mit Feinelementen



Die Texte können sowohl in der elektronischen Datenverarbeitung auf dem Bildschirm oder in der Loseblatt-Sammlung, dem Baupreisbuch, gefunden werden. Das Feinelement kann durch Austausch von Leistungspositionen der konkreten Gebäudeausführung angepaßt werden.

Eine Hilfe bei der optischen Orientierung innerhalb des Elementkatalogs bieten die Pictogramme. Ein Modellhaus bildet alle konstruktiven Schichten ab. Durch die Schwärzung der Bauteilschicht sind Makro-, Grob- und Feinelemente deutlich voneinander unterschieden. Ebenso ist die behandelte Elementgruppe Gründung, Wand, Dach usw. erkennbar. Die Nummerierung der Elemente richtet sich streng nach der DIN 276 Kosten im Hochbau. Die dreistellige DIN-Nummerierung ist bei Makroelementen an der zweiten und dritten Stelle „0“, bei den Grobelementen an der dritten Stelle „0“. Die folgende vierte bis neunte Stelle wurde nach einer Sirados-internen Codierung vergeben.

Der große Vorteil dieses modularen Aufbaus wird anhand der Tatsache deutlich, dass eine Gebäudebeschreibung mit 16 - 20 Makroelementen aus insgesamt 800 - 1000 einzelnen Leistungspositionstexten besteht. Dieser Positions-"Rucksack" ermöglicht die hohe Genauigkeit der einzelnen Bilanzierungen in frühen Planungsphasen.

#### **4.1.1.5 Datenquelle der Neubaukosten:**

Die Baupreise für die Ausschreibungspositionen, die die Grundlage für die Elementpreise darstellen, werden alljährlich einmal komplett überarbeitet und der Baukostenentwicklung angepaßt. Über 150 Architekturbüros stellen dafür bundesweit die Ausschreibungsunterlagen und Preisspiegel realisierter und abgerechneter Bauprojekte zur Verfügung. Diese werden von den Gewerkbearbeitern ausgewertet und den Sirados-Leistungspositionen zugeordnet.

Die Spreizung in von – mittel – bis – Preise berücksichtigt dabei regionale Besonderheiten (Verdichtungsraum – ländlicher Raum), Gebäudetyp und –größe (Einfamilienhaus – mehrgeschossiger Wohnungsbau, bzw. Wohnen – Verwaltung), Bauzeit oder Ausführungsstandards. Der Planer muß entsprechend seines Auftrags und auf der Basis von Referenzpreisen das zutreffende Preisniveau auswählen. Jeder Preis kann projektspezifisch der Planungssituation angepaßt werden.

#### **4.1.2 Elemente zur Beschreibung des Lebenszyklus**

Für die Erfassung des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes müssen die Aufwendungen für den Bauunterhalt bzw. den Betrieb des Gebäudes mittels Elementen und Positionen erfasst werden. Entsprechend der Gliederungsvorgaben der DIN 18960 werden für die

Leistungsbereiche „Reinigung“, „Wartung“, „Betrieb“ und „Instandsetzung“ entsprechende Elemente erstellt.

In der LEGOE-Datenbank werden den Neubauelementen den weiteren Lebenszyklus beschreibende Elemente zuzuordnen. Es werden je nach Bedarf Elemente für die Reinigung, Wartung und Instandsetzung verknüpft. Dies ist die Voraussetzung, um die Konsequenzen einer „Neubaurentscheidung“ über den Lebenszyklus des Elements zu verfolgen.

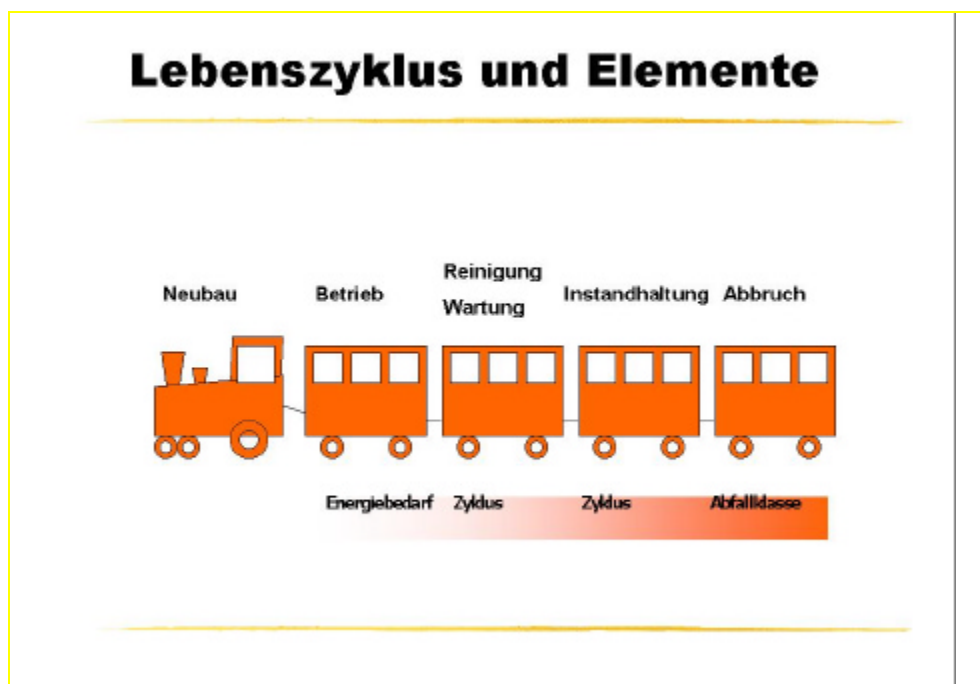
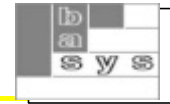


Abbildung 4-6: Lebenszyklus und Elemente – „Lokomotive“ (Neubau-Element) und „Waggons“ (Zyklus-Elemente)

#### 4.1.2.1 Reinigung und Wartung

In den nachfolgenden Beschreibungen der Gebäudereinigung und Wartung werden die Begriffe „Bauteil“ und „Bauteil-Qualitäten“ verwendet. Diese dienen zur Abgrenzung von Leistungen und Qualitäten. Im folgenden Zusammenhang ist dabei unter einem Bauteil ein physisch erfassbarer Bestandteil eines Bauwerkes zu verstehen, z.B. Bauteil: Deckenbelag, Bodenbelag. Die Bauteile eines Gebäudes lassen sich projektneutral definieren und strukturieren, z.B. in der Bauteil- und Kostengliederung der DIN 276-1993. Bauteile entsprechen ebenfalls dem Begriff „Element“. Die Bauteile eines Bauwerkes können, projektspezifisch jeweils unterschiedlich ausgeprägt sein. Für diese genau definierten Ausführungen eines Bauteiles wird der Begriff Bauteil-Qualität eingeführt. Im folgenden wird an den Deckenbelägen und deren konkrete Ausprägungen der Unterschied zwischen Bauteil und Bauteil-Qualität in Kürze dargestellt:



|            | Bauteil    | Bauteil-Qualität           |
|------------|------------|----------------------------|
| Projekt 1: | Bodenbelag | Linoleum, 2,5 mm,          |
| Projekt 2: | Bodenbelag | Textiler Belag, Nadelfilz, |
| Projekt 3: | Bodenbelag | Parkett, Eiche.            |

Im Bereich der Bauerstellung und der Gebäudenutzung resultieren Ausführungsleistungen und damit auch die entsprechenden aufzuwendenden Kosten nicht aus dem Bauteil, sondern aus der jeweils zur Ausführung vorgesehenen Qualität.

| Text                               | Menge   | Einheit        |
|------------------------------------|---------|----------------|
| endhaus                            |         |                |
| DE schw. Estrich ZE 20-S 50+Ko...  | 95,185  | m <sup>2</sup> |
| DE Linoleumbelag 2,5 mm, Sock...   | 95,185  | m <sup>2</sup> |
| Re DEB,Lino,reinigen(NFre),gVe...  | 52,000  | / Jahr         |
| Re DEB,Lino,reinigen(NFre),nVe...  | 250,000 | / Jahr         |
| Re DEB,Lino,reinigen(NFre),G-Fl... | 250,000 | / Jahr         |
| Ins DE Linoleumbelag 2,5 mm, S...  | 0,040   | / Jahr         |
| Re DEB,Lino,reinigen(NFre),nVe...  | 4,000   | / Jahr         |
| Re DEB,Lino,reinigen(NFre),nVe...  | 52,000  | / Jahr         |
| Re DEB,Lino,reinigen(NFre),G-Fl... | 4,000   | / Jahr         |
| Re DEB,Lino,reinigen(NFre),gVe...  | 1,000   | / Jahr         |
| Re DEB,Lino,reinigen(NFre),gVe...  | 0,000   | / Jahr         |
| DA Beschichtung auf Holz, NH       | 26,841  | m <sup>2</sup> |

Abbildung 4-7: Feinelement Fußbodenbelag mit verknüpften Folgeelementen

In den nachfolgend beschriebenen für LEGOE entwickelten Elementen aus den Bereichen des Gebäudebetriebs und -unterhaltung werden die Lebensdauer, die Reinigungs- und Wartungsleistungen und die dadurch entstehenden Baunutzungskosten von Bauteilen ebenfalls fast ausschliesslich durch die Qualität eines Bauteiles bestimmt; so unterscheiden sich die auszuführenden Leistungen und die dabei entstehenden Kosten über festgelegte Betrachtungszeiträume z.B. zwischen einem textilen Bodenbelag und einem Bodenbelag aus Parkett sehr stark voneinander.

Auf Basis dieser Abgrenzung wurden die nachfolgend beschriebenen Elemente in den unterschiedlichen Bereichen der Gebäudenutzung in LEGOE entwickelt.

#### 4.1.2.2 Betriebselemente

Betriebselemente ermöglichen die Auswahl Energieträger durch ein verbrauchendes Element. Z.B. werden einem Brennwertkessel mit gas, das Betriebselement „Gas“ zugeordnet. In der Folge kann das Bauelement Kessel mit den für Gas spezifischen Kosten bzw. Ökologie ausgewertet werden. Der Orientierungspreis für die verschiedenen Energieträger kann vom Planer entsprechend der lokalen Verhältnisse abgeändert werden.

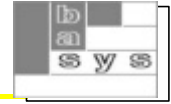


Abbildung 4-8: Betriebselemente im LEGOE-Elementkatalog

#### 4.1.2.3 Instandsetzungselemente

**Instandsetzungselemente repräsentieren den Aufwand an Bauprodukten und Bauleistungen im Rahmen der Instandsetzung von Bauteilen und Haustechnikanlagen.** Sie umfassen „kleine“ Instandsetzungen wie den Anstrich von Fenstern und „große“ Instandsetzungen im Sinne des Austausches von Schichten oder Teilen (input und output). Alternativ kann ggf. eine Instandsetzung über ein Abrisselement und ein Neubaelement beschrieben werden.

Die Instandsetzungselemente basieren auf Leistungstextpositionen, die in der Datenbank in den Katalog „Bauen im Bestand“ vorgehalten werden. Es werden ausschließlich Feinelemente zusammengestellt. Wie bei den Reinigungs- und Wartungselementen besteht die besondere Anforderung bei der Instandsetzung in der Festlegung eines Zyklus. Für jede Erneuerungsmaßnahme mit einem eigenen Jahreszyklus muss ein separates Feinelement



gebildet werden. Als Lebensdauer für das Gesamtgebäude wurden als Beispiel 80 Jahre angenommen. Ein Zyklus von 6 Jahre wiederholt sich in diesem Zeitraum 13 mal, ein Zyklus von 40 Jahren einmal.

#### **4.1.2.4 Quelle der Folgekosten**

Die Leistungspreise für Folgeleistungen in der Nutzungsphase des Gebäudes im Bereich Reinigung und Wartung werden mit spezialisierten Unternehmen ermittelt (Reinigungsfirmen, Haustechnikwartungsfirmen). Die Instandsetzungspreise ergeben sich aus den aktuellen Herstellungspreisen zuzüglich Abbruchkosten. Es werden über den Nutzungszeitraum keine weiteren Steigerungsraten der Baukosten berücksichtigt. Jeder Leistungspreis kann projektspezifisch geändert werden.

#### **4.1.2.5 Quelle des Zyklus**

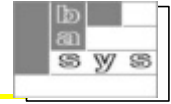
Der Reinigungszyklus unterliegt großer Variabilität hinsichtlich Ausführungselement, Nutzungsart und Hygienestandard. Aus diesem Grunde werden je nach Element ein oder mehrere Szenarien angegeben. Bei mehreren Szenarien (z.B. im Fußbodenbereich) ist eine Standardvariante aktiviert. Alternative Szenarien können bei Bedarf aktiviert werden.

Die Wartungszyklen entsprechen entweder den Empfehlungen der Hersteller oder berücksichtigen gesetzliche Vorgaben aufgrund von Verordnungen (z.B. Heizungswartung).

Die Instandsetzungszyklen beziehen sich weitgehend auf die Angaben im „Leitfaden für nachhaltiges Bauen“, des Bundesministeriums für Verkehr, Bauen und Wohnen, veröffentlicht 2001. Die Angaben des Leitfadens wurden für einige Bauteile erweitert, wenn dies durch entsprechende Ausführungsvarianten notwendig wurde. Außerdem wurde der Zyklus in besonders begründeten Fällen geändert. Jeder Zyklus kann projektspezifisch geändert werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Plausibilität des Gesamtdatengefüges nicht zugunsten einer speziellen Konstruktion verfälscht wird.

#### **4.1.2.6 Demontage und Abbruch**

Für den Rückbau, die Demontage bzw. den Abbruch des Gebäudes werden die in den Bauelementen enthaltenen Mengen der Bauprodukte nach Abfallklassen sortiert und entsprechend den Entsorgungsszenarien für die einzelnen Deponieklassen durch das Ökobilanzprogramm angegeben. Abbruchelemente, die verschiedene Abbruchszenarien darstellen, werden nicht erstellt.



#### 4.1.2.7 Nummerierung

Um innerhalb des Kostenrasters der AVA-Programmsoftware auch die Benutzungskosten erfassen zu können, wird die Gliederung der DIN 18960 - 1 übernommen und innerhalb der DIN 276 Kostengliederung mit einer vorangestellten „9“ versehen. Ein Element mit einer vorangestellten „9“ wird damit als Nachfolgeelement eines Neubauelements gekennzeichnet, z.B. 9.5 Betriebselemente oder 9.6. Instandsetzungselemente.

## 4.2 Positionskatalog

Ziel der Werkplanung ist die Erstellung eines Leistungsverzeichnisses, um die notwendigen Arbeiten nach der Gliederung des StLB in Gewerken ausschreiben zu können. Üblicherweise geschieht dies nach Anfertigung der Werkplanung. Die Leistungsbeschreibung für die auszuführenden Arbeiten werden aus Positionskatalogen zusammengestellt. Das entstehende Leistungsverzeichnis wird durch die Massenermittlung ergänzt. Der Positionskatalog der Edition AUM umfaßt ca. 35.000 Texte aus allen Baubereichen. Für den Hochbau werden ca. 8.000 Texte bereitgestellt.

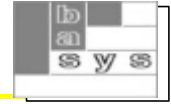
### 4.2.1 Das Roh-Leistungsverzeichnis

Ist das Gebäude mittels Feinelementen beschrieben, können diese Angaben in Leistungsverzeichnisse überführt werden, die der Gewerkegliederung nach Standardleistungsbuch entsprechen. Voraussetzung hierfür sind zwei Dinge:

- ? Aufbau der Elemente aus Positionen
- ? AVA-Software mit Elementemodul

**Nur wenn die Elemente durchgängig aus einem Positionskatalog zusammengesetzt sind und alle Angaben dieses Positionskataloges kongruent durch alle Ebenen mitgeführt werden, ist die Erstellung eines Grob-Leistungsverzeichnisses „auf Knopfdruck“ möglich.**

Diese Verkürzung des Arbeitsprozesses ist nur möglich, wenn die Software (üblicherweise die AVA) in der Lage ist, die einzelnen Positionen nach der Schlüsselnummer aus den Elementen in die verschiedenen - nach Gewerken strukturierten - Leistungsverzeichnisse aufzuteilen. Damit ist gewährleistet, daß keine der bisher ausgewählten Informationen verlorengeht.



## 4.2.2 Das Leistungsverzeichnis (LV)

Das Roh-Leistungsverzeichnis wird weiterbearbeitet und durch notwendige Leistungspositionen aus den Details der Werkplanung ergänzt. Die Anzahl der Positionen kann sich verdoppeln, der Einfluß auf die Gesamtkosten liegt erfahrungsgemäß bei maximal 3 bis 5 %. Das vollständige Leistungsverzeichnis wird zur Submission an Ausführungsbetriebe verschickt. Nach der Eröffnung der Submission werden die Aufträge vergeben. Die Preisergebnisse der Submission werden in die Leistungsverzeichnisse eingetragen und diese bilden damit die Basis für den Kostenanschlag. Der Kostenanschlag wird nach Eintreffen der Submissionsergebnisse und dem Abschluß der Vertragsverhandlungen den vergebenen Auftragssummen angepaßt.

Nach Ergänzung der LV's während der Bauphase mit eventuell notwendigen Nachträgen und der Korrektur der Abschlagszahlungen bzw. der Schlußrechnungen werden die Gesamtkosten in der Kostenfeststellung zusammengestellt.

Diese Arbeitsmethodik erlaubt zu den unterschiedlichen Phasen des Planungsprozesses die jeweils benötigten Informationen in ausreichender Genauigkeit zur Verfügung zu stellen:

- ? Gebäudebeschreibung
- ? Bauteilbeschreibung
- ? Positionskurztext
- ? Positionslangtext
- ? Zeichnungen

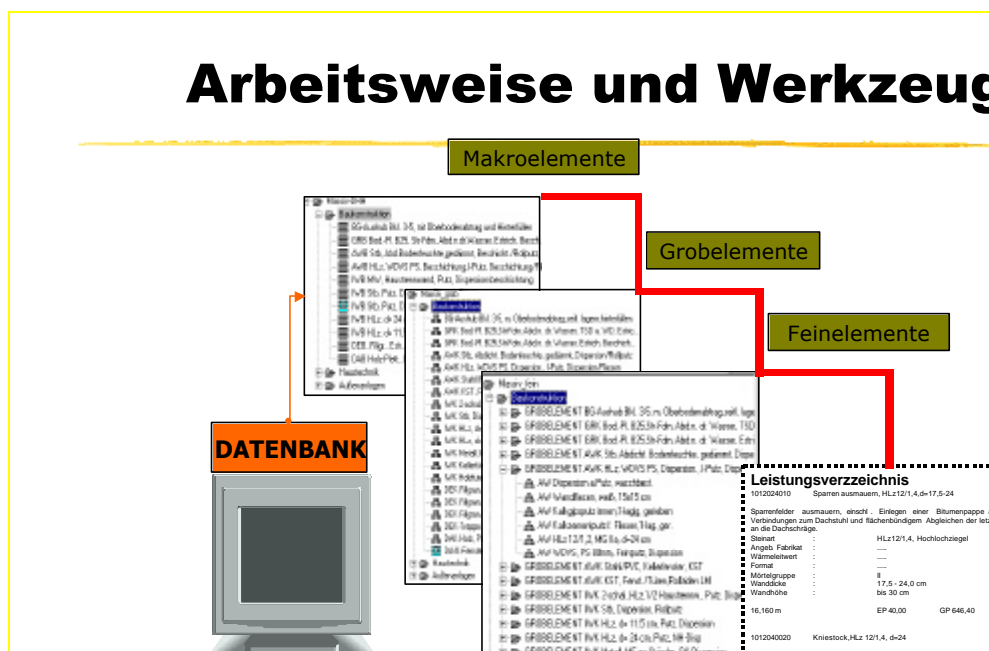
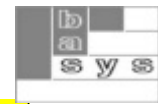


Abbildung 4-9: Die Arbeitsweise mit Sirados-Elementen





## 4.3 Die Datenbank

Die Datenbank hält alle Elemente und Leistungspositionen bereit. Welchen Nutzen ein Bearbeiter aus der Element bzw. Positionszusammenstellung ziehen kann, hängt von der Datentiefe ab, d.h. mit welchen Kennziffern die Elemente bzw. Positionen hinterlegt sind. Der Datenaustausch zwischen Datenbank und anderen Applikationen kann über eine Schnittstelle im MDI-Format oder im GAEB-Format erfolgen. Durch die Verknüpfung der SirAdos-Datenbank mit den verschiedenen LEGOE-Programmen (Kostenplanung, Lebenszykluskosten, Wärme und Ökologie) ist die Auswertung der vorgehaltenen Daten direkt möglich.

### 4.3.1 Kosten-Kennziffern

Der Preis eines Elementes setzt sich aus den Einzelpreisen der Positionen zusammen, die nach einem Mengengerüst kalkuliert werden. Dieses Mengengerüst kann durch den Bearbeiter abgeändert werden. Auch damit ist die Anpassung eines Elementes an eine spezielle Bauaufgabe, z.B. die Anteile der Fußbodenleisten, anpaßbar. Bei den Grobelementen, vor allem bei Sonderkonstruktionen, ist eine kritische Überprüfung des vorgegebenen Mengengerüsts notwendig.

| Text                     | Ordner | Menge  | Einheit        | EP     | GP         | Betrieb  | Reinigung | Wz |
|--------------------------|--------|--------|----------------|--------|------------|----------|-----------|----|
| -?                       |        |        |                |        | 0,00       | 3.667,39 | 0,00      |    |
| -3                       |        |        |                |        | 264.439,19 | 0,00     | 3.425,89  |    |
| -31                      |        |        |                |        | 5.544,81   | 0,00     | 0,00      |    |
| -32                      |        |        |                |        | 20.726,91  | 0,00     | 165,15    |    |
| -324 UNTERBÖ...          |        |        |                |        | 8.809,06   | 0,00     | 0,00      |    |
| -324.2 GR ... endhaus    |        | 57,217 | m <sup>2</sup> | 153,96 | 8.809,06   |          |           |    |
| -325 BODENBE...          |        |        |                |        | 8.131,12   | 0,00     | 165,15    |    |
| -325.1 GR ... endhaus    |        | 57,217 | m <sup>2</sup> | 50,21  | 2.872,84   |          |           |    |
| -325.4 GR ... endhaus    |        | 25,408 | m <sup>2</sup> | 206,95 | 5.258,28   |          | 165,15    |    |
| -326 BAUWERK...          |        |        |                |        | 3.786,73   | 0,00     | 0,00      |    |
| -33                      |        |        |                |        | 87.677,36  | 0,00     | 47,20     |    |
| -34                      |        |        |                |        | 47.535,12  | 0,00     | 482,84    |    |
| -35                      |        |        |                |        | 72.282,62  | 0,00     | 2.657,82  |    |
| -36                      |        |        |                |        | 30.672,37  | 0,00     | 72,88     |    |
| -4                       |        |        |                |        | 29.681,52  | 0,00     | 2.787,80  |    |
| -5                       |        |        |                |        | 11.689,40  | 0,00     | 0,00      |    |
| - Summe Projekt (Netto)  |        |        |                |        | 305.810,11 | 3.667,39 | 6.213,69  |    |
| - Umsatzsteuer 16%       |        |        |                |        | 48.929,62  | 586,78   | 994,19    |    |
| - Summe Projekt (Brutto) |        |        |                |        | 354.739,73 | 4.254,17 | 7.207,88  |    |

Abbildung 4-20: Kostenübersicht nach Kostengruppen

Da die Elemente (Makro-, Grob-, Feinelemente) auf Leistungstextpositionen aufgebaut und die Positionen mit Preisen hinterlegt sind, kann für jedes Element ein Preisspektrum pro

Bezugsgröße ( $m^2/St/m^3$ ) angegeben werden. Dadurch ist ein frühzeitiger Einfluß auf die Kostenentwicklung möglich. Von großer Bedeutung ist, daß die Kostenplanung qualitätsbezogen durchgeführt werden kann. Damit kann der Erwartung entgegengewirkt werden, daß eine Bauleistung durch unterschiedliche Anbieter ohne Abstriche an die Qualität 10 oder 20 % billiger zu haben wäre. Andererseits ist es möglich, bei erkennbaren Kostenunterschreitungen frühzeitig verbesserte Ausführungen, vor allem im Bereich der Oberflächen und der Fußböden, in die Ausschreibungen aufzunehmen.

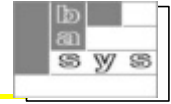
### 4.3.2 Bauphysikalische Kennziffern

Die bauphysikalische Datenbank umfasst z.Zt. ca. 1600 Baustoffe bzw. Bauprodukte verschiedener Hersteller. Diese Baustoffe werden je nach Bedarf mit 5 - 15 verschiedenen Kennziffern hinterlegt. Obligatorisch für jeden Baustoff sind z.B. Rohdichte, Wärmeleitzahl, spezifische Wärme, Wasserdampfdiffusionswiderstandswert, Abfallklasse. Sonderbauteile wie Fenster werden mit zusätzlichen Kennziffern versehen, z.B. der Gesamtenergiedurchlaßgrad  $g$  und der Transmissionswert.

| Bezeichnung                                 | Orientie | Fläche | u-Wert W/m <sup>2</sup> K | C-Wert | Q kWh |
|---|----------|--------|---------------------------|--------|-------|
| <b>Q Transmissionswärmebedarf</b>           |          |        |                           |        | 1087  |
| ⊕ Außentür                                  | W        | 2,5    | 0,00                      | 0,0    |       |
| ⊕ Außenwand allgemein                       | N        | 66,1   | 0,13                      | 1,0    | 70    |
| ⊕ Außenwand allgemein                       | O        | 9,1    | 0,13                      | 1,0    | 9     |
| ⊕ Außenwand allgemein                       | S        | 84,8   | 0,38                      | 1,0    | 267   |
| ⊕ Außenwand allgemein                       | W        | 17,1   | 0,13                      | 1,0    | 18    |
| ⊕ Außenwand an Erdreich                     | N        | 48,0   | 0,57                      | 0,5    | 115   |
| ⊕ Außenwand an Erdreich                     | N        | 26,6   | 1,49                      | 0,5    | 166   |
| <b>R Wärmeübergangswiderstand innen</b>     |          |        |                           |        |       |
| ⊕ 134122225 IW B25, d= 2x20 + 2 cm, 1/2H... |          |        |                           |        |       |
| ⊕ 133622311 AW Dispersion a.Beton,wasch...  |          |        |                           |        |       |
| <b>R Wärmeübergangswiderstand aussen</b>    |          |        |                           |        |       |

Abbildung 4-31: U-Werte verschiedener Bauelemente

Der Schichtaufbau der Elemente und die Ermittlung der Anteile bei Feld-Balken-Konstruktionen (Holzständerkonstruktion) entspricht dem Verfahren in bekannten Wärmebilanzierungsprogrammen und wird hier nicht näher erläutert.



Es werden auch Beschichtungen mit ihrem Wasserdampfdiffusionswiderstandswerten und Schichtdicken erfasst und können bei der Berechnung des Dampfverhaltens von Bauteilen berücksichtigt werden. Eine Wärmepositionsdatei listet die Materialien der einzelnen Positionen auf und berücksichtigt zusätzlich ihre Dicke und den Flächenanteil.

Die Elemente sind zur Berechnung des Wärmegefälles immer in Richtung des vorherrschenden Wärmestroms vom höheren zum niedrigeren Wärmeniveau aufgebaut.

**Die bauphysikalischen Angaben der Datenbank ermöglichen im Zusammenhang mit den Angaben der CAD zur Lage und Orientierung der Flächen im oder am Gebäude die Berechnung des Energiebedarfs für die Heizung.**

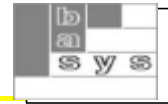
### 4.3.3 Ökologische Kennziffern

#### 4.3.3.1 Energie- und Stoffstrom

Für die Analyse des Energie- und Stoffstromes im Lebenszyklus von Bauprodukten, Bauteilen und Bauwerken bilden Daten zur Ressourceninanspruchnahme und der daraus resultierenden Umweltbelastung infolge der Bereitstellung von Endenergie, der Ausführung von Transportdienstleistungen, der Gewinnung bzw. Herstellung von Grundstoffen und ggf. der Ausführung von Entsorgungsprozessen eine wesentliche Grundlage. Die Bereitstellung von ökologischen Daten erfolgt auf der Ebene von Sach- und Wirkungsbilanzen. Diese werden unter Verwendung von einheitlichen Basisdaten auf der Basis der Erfassung und Bewertung von Prozeßketten berechnet und in einer Datenbank vorgehalten. Systemgrenze der Datenerhebung ist das anwendungsbereite Bauprodukt "frei Werktor aufgeladen".

Dabei erfaßt die Sachbilanz die Energie- und Stoffflüsse nach Phasen getrennt während des ganzen Produktlebenszyklus. Durch die Betrachtung von input und output werden alle Stoff- und Energieströme eines zu bilanzierenden Systems genau erfaßt und es können beispielsweise innerhalb der Systemgrenze durch das Verfahren der Prozeßkettenanalyse die Stoff- und Energieströme der identifizierten Prozesse und damit des Gesamtsystems bestimmt werden. Innerhalb der Systemgrenze werden alle Umweltwirkungen berücksichtigt, die bei der Produktion entstehen, also von Bauten, Anlagen, Maschinen, Fahrzeugen etc., des weiteren auch die Umwelteinwirkungen der vor- und nachgelagerten Prozeßketten als Folge des Herstellungsprozesses (des Baumaterials bzw. der Bauteile).

Die Wirkungsbilanz ermittelt für die in der Sachbilanz beschriebenen Prozesse die Umweltwirkungen wie Ressourcenbeanspruchung oder Luftbelastung. Bei Erstellung einer Wirkungsbilanz lassen sich zwei Phasen unterscheiden:



- ? Die Klassifizierung umfaßt die Aufstellung bestimmter Wirkungskategorien (Treibhauseffekt, Versauerung etc.) und die Zuordnung der in der Sachbilanz erhobenen Emissionen und Ressourcen zu den Wirkungskategorien
- ? Die Normalisierung umfaßt die Definition einer Leitsubstanz für jede Wirkungskategorie, welcher ein bestimmtes Wirkungspotential zugeordnet wird (z.B. Wirkungskategorie Treibhauseffekt, alle Stoffe, die zum Treibhauseffekt beitragen, besitzen ein gewisses Erwärmungspotential; als Leitsubstanz wird CO<sub>2</sub> definiert, dessen globales Erwärmungspotential wird mit 1 angenommen).

Die den Wirkungskategorien zugeordneten Stoffe werden gemäß deren Anteil an der jeweiligen Wirkung in Abhängigkeit von der potentiellen relativen Wirkung bezüglich der Leitsubstanz gewichtet (im obigen Beispiel würde jeder der Wirkungskategorie Treibhauseffekt zugeordnete Stoff ein eigenes, durch einen Faktor beschriebenes Erwärmungspotential relativ zum Erwärmungspotential der Leitsubstanz CO<sub>2</sub> erhalten).

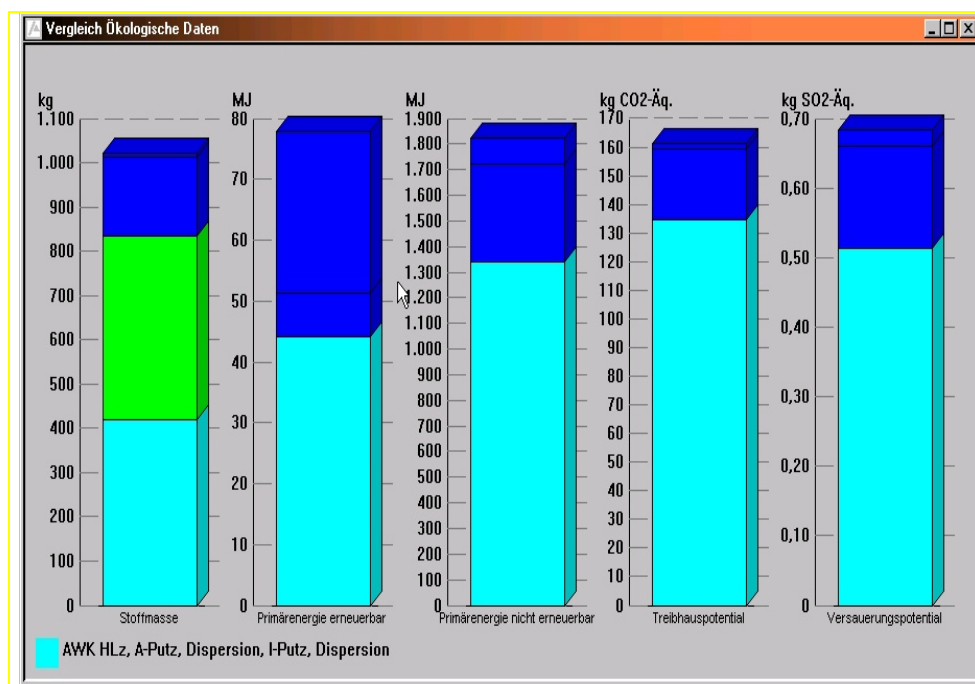
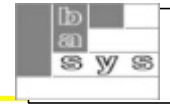


Abbildung 4-42: Ökobilanz eines Grobelements mit Phasenangabe

Indem die Stoffe mit ihren jeweiligen Gewichtungsfaktoren multipliziert und innerhalb jeder Wirkungskategorie addiert werden, resultieren daraus mehrere Wirkungsindikatoren. Angepaßt an den Anwendungsbereich von LEGOE innerhalb der Planung wurden Sach- und Wirkungsbilanzen zu durchschnittlichen Produktionsverhältnissen erstellt.



Die Bilanzbewertung schließlich gewichtet und faßt die Umweltwirkungen, das sind die oben erwähnten Werte unterschiedlicher Wirkungskategorien, zusammen, um das zu bewertende System hinsichtlich seiner gesamten Auswirkungen zu beurteilen. Es existieren verschiedene Bewertungsverfahren, welche die Wirkungsklassen unterschiedlich gewichten (z.B. der Treibhauseffekt bezüglich der Gesamtumweltwirkung ist höher zu gewichten als die Versauerung).

Durch diese unterschiedlichen, teilweise normierten Aggregationsverfahren kann ein einzelner Wert berechnet werden, der als Indikator für die Gesamtumweltbelastung gilt. Die Aggregation innerhalb einer Wirkungskategorie (z. B. Treibhauseffekt) erfolgt auf naturwissenschaftlicher Grundlage. Die Gewichtung einzelner Effekte und ihre Aggregation zu einer einzigen Zahl beruht auf Expertenurteilen, d.h. auf sozialen oder politischen Grundlagen. Durch die unterschiedliche Gewichtung der Umweltwirkungen je nach Bewertungsverfahren sind die errechneten Indikatoren nicht miteinander vergleichbar. Erst die Kenntnis der verschiedenen Bewertungsfaktoren ermöglicht, die einzelnen Indikatoren gegeneinander abzuwägen.

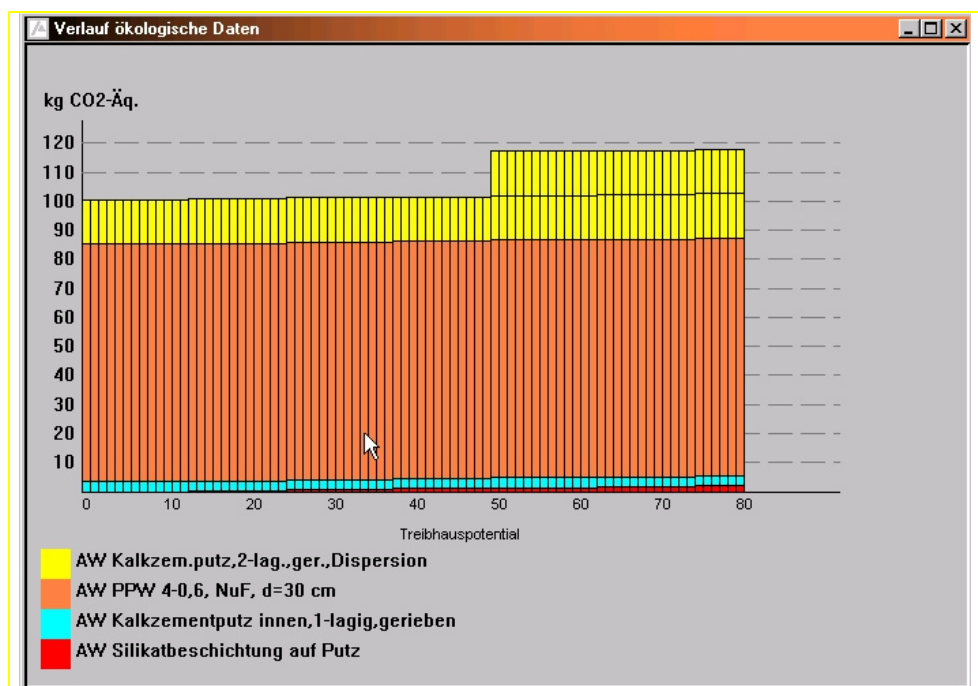
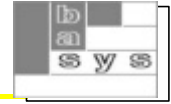


Abbildung 4-13: Zeitlicher Verlauf der Schichtenerneuerung und der ökologischen Folgen

Im LEGOE-Programm wird eine Auswahl der bekannten Bewertungsverfahren einschließlich benötigter Daten vorgehalten. Unter Bewertungsdaten werden hierbei die methodenspezifischen Bewertungsfaktoren für einzelne Elemente der Sachbilanz



als auch bei vollaggregierenden Methoden die Wichtungsfaktoren verstanden. Derzeit werden folgende Bewertungsmöglichkeiten vorgehalten:

- ? Stoffstrom
- ? Primärenergieaufwand
- ? effektorientierte Wirkungskategorien
- ? Vollaggregationen (Eco-Indikator)

#### 4.3.3.2 Transformation und Aggregation

Für die Ökobilanzierung von Gebäuden sind Daten über Stoffe und Prozesse unabdingbar. Notwendig ist zur Erlangung dieser Daten die Beschreibung eines Gebäudes nicht nur durch die Bauwerksteile in ihrem Aufbau, sondern durch die zur Erstellung des jeweiligen Bauwerksteiles notwendigen Stoffe und Prozesse. Diese Bauprozesse und Stoffe können auf der Ebene der Leistungsbeschreibung identifiziert werden.

Leistungsbeschreibungen setzen sich aus einzelnen Leistungspositionen zusammen, in denen die auszuführenden Arbeiten spezifiziert werden. Für die Energie- und Stoffflußberechnung sind jedoch auch die Daten der Leistungspositionen noch nicht explizit genug: Beschrieben werden beispielsweise zwar die einzelnen Prozesse, jedoch nicht die daran beteiligten Maschinen. Diese Angaben sind aber für die Berechnung der Energie- und Stoffflüsse notwendig. Um die in den Leistungspositionen implizit vorhandenen Daten explizit zu machen, müssen die Positionen in sogenannte e+s-Positionen transformiert werden. Bei diesem Vorgang werden die Leistungspositionen in Basiseinheiten zerlegt. In diesen werden erfaßt:

- ? die Materialien
- ? die Dimensionen der Einheit (z.B. Dicke u. Fläche oder Breite, Länge, Höhe)
- ? evtl. notwendige Maschinen mit ihren Laufzeiten
- ? die Lebensdauer der Einheiten angeben
- ? ebenso der evtl. beim Bauprozess anfallende Abfall (Verschnitte etc.).

Für die Energie- und Stoffflußbilanzierung sind aber noch weitere Angaben von Nöten. Die Kenntnis der bei der Herstellung der verwendeten Baumaterialien und eingesetzten Energieträger angefallenen Energie- und Stoffflüsse ist für eine solche Berechnung

unabdingbar. Um die Energie- und Stoffflüsse der in den e+s-Positionen beschriebenen Basiseinheiten berechnen zu können, sind deshalb bestimmte Grunddaten wie

- ? Sach- und Wirkungsbilanzen von Baumaterialien
- ? Sach- und Wirkungsbilanzen von Energieträgern und
- ? Verbrauchskennwerte und Antriebsarten von Maschinen

notwendig. Nun können die in den Basiseinheiten angegebenen Materialbezeichner mit den Sach- und Wirkungsbilanzen der Baumaterialien und die Maschinen mit den Verbrauchskennwerten und Antriebsarten und diese wiederum mit den Sach- und Wirkungsbilanzen der Energieträger verknüpft werden.

Mit diesen Angaben kann der (bewertete) Energie- und Stofffluß einer Basiseinheit berechnet werden, ebenso derjenige einer Leistungsposition, die wie schon erwähnt in Basiseinheiten zerlegt wird. Sind die Energie- und Stoffflüsse der Leistungspositionen bekannt, können auch diejenigen der Bauwerksteile berechnet werden.

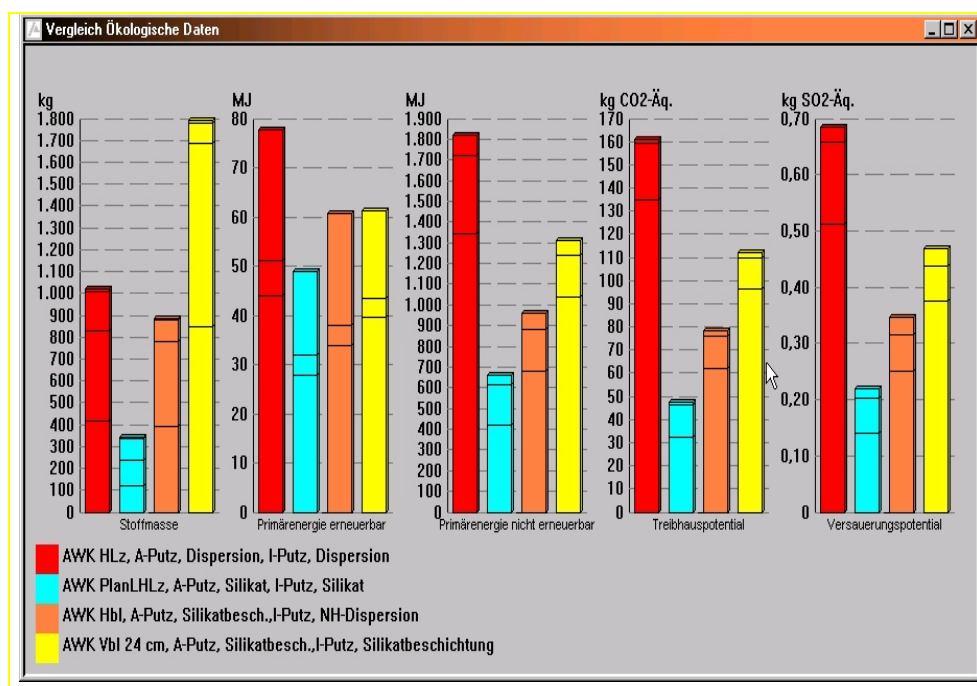
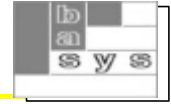


Abbildung 4-54: Ökologischer Vergleich verschiedener Bauelemente

Dies eröffnet die Möglichkeit, die (bewerteten) Energie- und Stoffflüsse auf Ebene der Bauwerksteile auszuweisen. Da in frühen Phasen der Planung eines Gebäudes die einzelnen Leistungspositionen noch nicht spezifiziert sind, ist für eine Energie- und Stoffflußbetrachtung zu diesem Zeitpunkt eine Verwendung bilanzierter Bauwerksteile Voraussetzung. Mit einem Katalog bilanzierter Bauwerksteile, die in der für das jeweilige Katalogelement vereinbarten Referenzmenge (z.B. m2, lfm, etc.) vorliegen, kann schon in



frühen Planungsphasen der voraussichtliche Energie- und Stofffluß eines geplanten Gebäudes bestimmt werden. Dabei ist zu beachten, daß kein Gebäude, sondern ein Katalog von Bauwerksteilen, der für die Planung eines Gebäudes verwendet wird, bilanziert wird.

#### 4.3.3.3 Abfall

**Dem Anwender werden für die verschiedenen Phasen im Lebenszyklus eines Gebäudes Daten über die zu erwartenden Abfallmenge zur Verfügung gestellt. Die Abfallmengen werden für die Elemente des Elementkataloges nach Deponiearten aufgeschlüsselt vorgehalten.** Die Deponiearten richten sich nach den im Abfallkatalog der Landesarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) angegebenen Deponiearten. In diesem Katalog sind den aufgeführten Materialien ein Abfallschlüssel und eine Deponieart zugeordnet. Da seit 1.1.1999 der Europäische Abfallschlüssel (EWC) für die Klassifizierung von Materialien zu verwenden ist, wurden über ein mapping von EWC auf LAGA-Abfallschlüssel und der daraus abzuleitenden Deponieart die für jedes Element zu erwartenden Abfallmengen nach Deponieart getrennt berechnet und im Katalog abgelegt. Somit ist der Anwender nicht mit Schlüsselnummern konfrontiert, hinter denen sich bestimmte Deponiearten verbergen.

Abfälle entstehen in jeder Phase im Lebenszyklus eines Gebäudes. Sind es in der Neubauphase die beim Bauprozeß anfallenden Verschnitte, Restmengen etc., kommen in der Erneuerungsphase die jeweiligen Abbruchmengen der zu erneuernden Elemente hinzu. Beim Abbruch eines Gebäudes setzt sich der Abfall nur aus diesen Mengen zusammen. Während der Nutzungsphase entstehende Abfälle werden nur insoweit betrachtet wie sie über Elemente erfaßt werden können. Dies bedeutet, daß nur mit der physischen, durch Elemente beschriebenen Bausubstanz verknüpfbare Daten zum Abfallaufkommen während der Nutzung in Form von Elementen im Projekt LEGOE verwendet werden. Für die Nutzungsphase wurde dabei unterschieden zwischen Reinigungs-, Betriebs- und Wartungselementen. Diese Elemente können jeweils einem Neubauelement bzw. einer Neubauelementgruppe zugeordnet und im Elementkatalog abgelegt werden. Abfälle aus der Nutzung wie bspw. das Hausmüllaufkommen werden dagegen nicht betrachtet.

Im laufenden Projekt LEGOE wird augenblicklich nur der Neubau von Gebäuden betrachtet. Dennoch wurde in den Datensätzen der Projektdatenhaltung die Kennzeichnung eines Elementes als zugehörig zu den Kategorien Neubau, Bestand und Abbruch vorgesehen. So könnte in einer weiteren Ausbaustufe von LEGOE, vorbehaltlich der Klärung inhaltlicher Fragen hinsichtlich Beschreibung eines Bestandes, dessen Konzeption auf die Bereiche Umbau und Sanierung von Gebäuden übertragen werden.

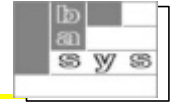




#### 4.3.3.4 Erläuterungen zu den LAGA-Entsorgungshinweisen

Die Abkürzungen in den Materiallisten haben folgende Bedeutung:

- CPB - Chemisch/physikalische Behandlungsanlage
- HMV - Hausmüllverbrennungsanlage
- SAV - Sonderabfallverbrennungsanlage
- HMD - Hausmülldeponie entsprechend dem Stand der TA  
Siedlungsabfall bzw. Deponieklasse 3 nach dem Richtlinienentwurf,  
Untersuchung und Beurteilung von Abfällen, Teil 2" des  
Landesamtes für Wasser und Abfall NRW
- SAD - Sonderabfalldeponie entsprechend dem Stand der TA Abfall, Teil 1
- UTD - Untertagedeponie



## 5 QM Handbuch – Zeitplanung

### 5.1 Qualitätssicherung bei der Projektabwicklung

Die Qualitätssicherung ist ein wesentlicher Bestandteil der gesamten Projektabwicklung.

#### 5.1.1 Methodischer Ansatz

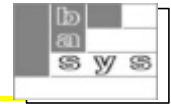
Die Projektabwicklung im Forschungsprojekt Basys unterscheidet sich nur in wenigen Teilleistungen des Projektes, die nicht unmittelbar der Erstellung des Bauwerks dienen (z.B. Internetkommunikation) nicht wesentlich von der Projektabwicklung bei der Planung und Erstellung eines Gebäudes. Auch im Forschungsprojekt Basys geht es um die effiziente, parallel durchzuführende Zusammenarbeit der Personengruppen Auftraggeber, Planer, Produkthersteller und ausführende Firmen. Die Qualitätssicherung hat zum Ziel, während des Planungs- und Realisierungsprozesses die Basis für ein wirtschaftlich optimales Produkt Bauwerk zu liefern. Die Gliederung der Auftragsbestandteile der HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure) bildet den Gliederungsrahmen, an dem sich auch die Qualitätssicherung orientieren soll.

#### 5.1.2 Projektorganisation/Grundlagenermittlung

Die Projektorganisation und die Grundlagenermittlung gehören zu den Kernprozessen der Projektabwicklung. Hier sollen alle relevanten Aspekte für die Projektdurchführung abgestimmt und festgelegt werden. Unpräzise Festlegungen, unvollständige Abstimmungen oder Unterlassungen in dieser Planungsphase führen zu zeit- und kostenverursachenden Störungen im gesamten Planungs- und Realisierungsprozess.

##### 5.1.2.1 Auftraggeberforderung und Prioritäten

Zusammen mit dem Auftraggeber müssen die Zielgrößen des Projektes klar definiert werden. Die Zielgrößen können entweder durch detaillierte Lastenhefte seitens des Auftraggebers vorgegeben werden, oder durch Gesetze und Verordnungen in bezug auf Flächen- oder Energieverbrauch. Der Architekt hat zusammen mit dem Auftraggeber die einzelnen Forderungen auf Realisierbarkeit zu überprüfen. Bei negativem Ergebnis sind entsprechende Änderungen festzulegen. Die Zielgrößen selbst lassen sich oftmals nicht in allen Aspekten realisieren, deshalb ist es unerlässlich Prioritäten festzulegen. Die Zielgrößen selbst lassen sich üblicherweise in vier Gruppen einteilen, Kosten, Energie, Ökologie und



Gesundheit. So kann ein Bauherr z.B. die Ökologie vor die Kosten setzen. Über die Projektziele und Prioritäten sollte ein Dokument erstellt werden.

### 5.1.2.2 Auswahl des Projektteams

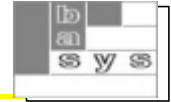
Üblicherweise kann zwischen einem internen und einem externen Projektteam unterschieden werden. Das interne Projektteam setzt sich aus den Mitarbeitern des Büros zusammen. Innerhalb des Projektteams wird ein Projektleiter bestellt. Das externe Projektteam besteht im Wesentlichen aus den Fachplanern. Diese können aus dem Bereich Tragwerks-, TGA-, Landschaft-, Bauphysik-, Brandschutz- und Betriebsplanern bestehen. Zusätzlich können Baugrundsachverständige und Vermessungsingenieure hinzustoßen, Außerdem kann im Einzelfall ein Projektteam des Auftraggebers aus Personen der unterschiedlichsten Fachrichtungen bestehen. Dies können z.B. sein: Betriebsleiter, Juristen. Im Rahmen von BASYS besteht das interne Projektteam aus den Verbundpartnern, das externe aus den zusätzlich beauftragten Spezialisten, bzw. Kooperationspartnern der Verbundpartner.



Abbildung 5-1: QM-Handbuch auf der Internetplattform

### 5.1.2.3 Schnittstellendefinition

Innerhalb jedes Bauwerkstyps gibt es eine spezifische Summe an Schnittstellen, an denen die verschiedenen Projektteams bzw. deren Mitarbeiter sich abstimmen müssen. Für die



jeweilige Schnittstelle ist eine Verantwortlichkeit festzulegen. Es ist eindeutig zu formulieren, was in welcher Qualität zu liefern ist.

Für LEGOE sind besonders die Schnittstellen zwischen dem Architekten und den Fachplanern von Bedeutung. Je mehr Informationen mit den Elementen gekoppelt werden, um so konsistenter kann der Datenaustausch gestaltet werden. Weiterhin ist der Austausch sowohl zwischen den verschiedenen CAD-Softwareprogrammen, Architektur – Haustechnik, Architektur – Zimmerer, als auch zwischen der CAD und den Interpretationsprogrammen, Architektur – LEGOE, und den Ausschreibungsprogrammen, CAD – AVA, ein wesentliches Prüfungsfeld in Hinblick auf Datenkonsistenz und Datenplausibilität.

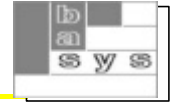
### 5.1.2.4 Kommunikationsmanagement

Die Kommunikationsstruktur und -mittel zur Kommunikation zwischen allen Projektbeteiligten ist verbindlich festzulegen. Ein interner oder externer Datenmanager kann alle Dokumente und Daten auf einem zentralen Server verwalten (Datenmanagement). Jedes Projektteam ist für seinen Informationsstand im Projekt selbst verantwortlich. Der Datenmanager ist dafür verantwortlich, dass die jeweils aktuellsten Daten zur Verfügung stehen. Über Zugriffsrechte kann jedes Projektmitglied Daten abrufen oder ablegen. Daten und Dokumente gelten als fristgerecht geliefert, wenn diese termingerecht auf dem zentralen Server abgelegt sind.

### 5.1.2.5 Status von Daten und Dokumenten

| Document Name                  | Date       | Time     | Size        | Percentage | Days      | File Type        | Last Modified       | Owner               |
|--------------------------------|------------|----------|-------------|------------|-----------|------------------|---------------------|---------------------|
| <a href="#">2000-01-26.doc</a> | 02.08.2002 | 15:43:41 | 154,0 kbyte | 10%        | 79 Tag(e) | WordPad-Dokument | 27.06.2000 11:30:00 | Claus-Jürgen Schink |
| <a href="#">anfor2~1.doc</a>   | 02.08.2002 | 15:43:41 | 21,0 kbyte  | 1%         | 79 Tag(e) | WordPad-Dokument | 27.06.2000 11:30:00 | Claus-Jürgen Schink |
| <a href="#">Pr040401.DOC</a>   | 02.08.2002 | 15:43:41 | 82,5 kbyte  | 5%         | 79 Tag(e) | WordPad-Dokument | 29.04.2001 20:00:05 | Holger König        |
| <a href="#">pr090300.txt</a>   | 02.08.2002 | 15:43:41 | 17,4 kbyte  | 1%         | 79 Tag(e) | Textdatei        | 27.06.2000 11:30:00 | Claus-Jürgen Schink |
| <a href="#">Pr100402.doc</a>   | 02.08.2002 | 15:43:41 | 72,0 kbyte  | 4%         | 79 Tag(e) | WordPad-Dokument | 17.05.2002 11:22:03 | Holger König        |
| <a href="#">Pr130601.doc</a>   | 02.08.2002 | 15:43:41 | 53,0 kbyte  | 3%         | 79 Tag(e) | WordPad-Dokument | 28.06.2001 21:21:48 | Holger König        |
| <a href="#">Pr151101.doc</a>   | 02.08.2002 | 15:43:42 | 97,5 kbyte  | 6%         | 79 Tag(e) | WordPad-Dokument | 21.11.2001 10:23:09 | Holger König        |
| <a href="#">Pr160102.doc</a>   | 02.08.2002 | 15:43:42 | 58,0 kbyte  | 4%         | 79 Tag(e) | WordPad-Dokument | 01.02.2002 14:48:48 | Holger König        |
| <a href="#">Pr190901.doc</a>   | 02.08.2002 | 15:43:42 | 62,0 kbyte  | 4%         | 79 Tag(e) | WordPad-Dokument | 27.09.2001 14:51:09 | Holger König        |
| <a href="#">Pr290101.doc</a>   | 02.08.2002 | 15:43:42 | 131,5 kbyte | 8%         | 79 Tag(e) | WordPad-Dokument | 04.03.2001 17:33:24 | Holger König        |
| <a href="#">pr290600.doc</a>   | 02.08.2002 | 15:43:42 | 81,0 kbyte  | 5%         | 79 Tag(e) | WordPad-Dokument | 26.07.2000 16:54:05 | Holger König        |

Abbildung 5-2: Dateistruktur mit Statusstand der Dokumente



Der Status der Daten und Dokumente, „gültig“, „ungültig“, „Vorabzug“, „erledigt“, ist aus den Dateistrukturen im Rechner ersichtlich. Die Beteiligten sind in ihrem jeweiligen Bereich trotzdem dafür verantwortlich, die Unterlagen fachlich und fehlerfrei herzustellen, und bei Entgegennahme von Dokumenten für ihren Bereich, diese auf Plausibilität zu prüfen.

#### **5.1.2.6 Klärung öffentlich-rechtliche und privatrechtliche Verfahren**

Mit den Behörden ist zu prüfen, welche Verfahren und Genehmigungen nach öffentlichem und privatem Recht für die Realisierung der Bauaufgabe erforderlich sind. Diese z.T. sehr unterschiedlichen Verfahren haben wesentliche Einflüsse auf die Parameter Zeit, Kosten und Gebäudesituierung.

#### **5.1.2.7 Festlegung der Ausschreibungs- und Vergabeverfahren**

Mit Auftraggeber und Planungsteams ist zu besprechen, in welcher Weise die möglichen Ausschreibungs- und Vergabeverfahren durchzuführen sind.

#### **5.1.2.8 Projektplan**

Nach einvernehmlicher Abstimmung wird der Projektplan von allen Beteiligten unterzeichnet. Damit erklären sich die Beteiligten einverstanden mit der verbindlichen Zeitschiene für die Projektabwicklung. Termine für die notwendigen Entscheidungen des Auftraggebers müssen diesem bekannt gemacht werden und er muss diese akzeptieren. Aus dem Projektplan ist auch ersichtlich, welche zeitlich parallele, interaktive Zusammenarbeit der verschiedenen Personengruppen auszuführen ist.

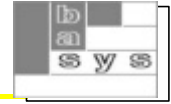
Im Rahmen des Forschungsprojektes BASYS ist dies mit dem gemeinsamen Projektplan und dem darin enthaltenen Zeitplan geliefert worden.

#### **Projektspezifischer Schulungsbedarf**

Einzelne Projekte machen ein spezifisches Wissen erforderlich. Vom Projektleiter ist festzulegen, welches Mitglied des Projektteams das notwendige Wissen beschafft.

#### **Betriebswirtschaftliche Kalkulation**

Der Projektleiter ermittelt auf der Grundlage des vereinbarten Planungshonorars die zur Verfügung stehenden Projektstunden. Basis hierfür ist der kalkulatorische Bürostundensatz. Das Projektteam ermittelt gemeinsam den für die jeweilige Planungs- und Bauleitungsarbeiten voraussichtlichen Zeitaufwand. Dieser ist mit dem vereinbarten Honorar abzugleichen. Dafür dient der Stundenkalkulator auf der Plattform.



### **5.1.2.9 Bericht an den Auftraggeber**

Zum Abschluss der Projektorganisation sind sämtliche Informationen in einem Grundlagenermittlungsbericht für den Auftraggeber zusammen zu stellen. Es sollten enthalten sein:

- ? Raumprogramm/Raumbedarf
- ? Funktionsbeziehungen
- ? Prioritäten
- ? Kostenrahmen
- ? Zeitrahmen
- ? Planungsbeteiligte
- ? Ausschreibungs- und Vergabeart
- ? Projektplan
- ? Festlegung der Kommunikation
- ? Schnittstellendefinition
- ? Ergebnisse behördlicher Vorklärunen

Auf der Basis der ursprünglich vereinbarten und dokumentierten Grundlagen kann bei späteren Modifikationen die Abweichung festgestellt und bewertet werden. Diese Arbeit wird im Projekt BASYS durch Ergebnisberichte bzw. Dokumentationen aus der LEGOE-Software erstellt. Die im Arbeitsplan enthaltenen Gliederungspunkte bieten sich thematisch dafür an.

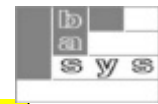
Freigabe der Projektdurchführung durch den Auftraggeber

Sind nach der Prüfung durch den Auftraggeber Änderungen an einzelnen Bestandteilen erforderlich, ist das vorher beschriebene Procedere in Einzelfällen noch einmal zu wiederholen. Der Grundlagenermittlungsbericht ist durch den Auftraggeber zu unterschreiben. Alle Planungsbeteiligten erhalten eine Ausfertigung des unterzeichneten Grundlagenberichts.

## **5.1.3 Projektdurchführung**

### **5.1.3.1 Vor- und Entwurfsplanung**

Die Basis für die Vorplanung ist der Grundlagenermittlungsbericht. Alle hier festgelegten Parameter sind zu berücksichtigen.



Mehrere Alternativen zur Lösung der Bauaufgabe sind zu untersuchen. Die Bearbeitungstiefe der Alternativen ist festzulegen. Die Kriterien zur Beurteilung der verschiedenen Lösungen ist vorab festzulegen. Die Gewichtung der Kriterien sollte im Konsens mit allen Beteiligten erfolgen. Die alternativen Lösungsvorschläge sollten mit dieser Tabelle ausgewertet werden. In einem Vorplanungsbericht für den Auftraggeber werden die Ergebnisse der Auswertung kommentiert und es erfolgt eine Empfehlung für bestimmte Lösungen. Der Auftraggeber hat in einer bestimmten Zeitspanne über die Alternativen zu entscheiden.

| Text   | Menge   | Einheit        | KG  | Zeit |
|--|---------|----------------|-----|------|
| <b>Musterhaus Brettstapel</b>  |         |                |     |      |
| <b>Baukonstruktion</b>   |         |                |     |      |
| <b>Aushub</b>  |         |                |     |      |
| 310 BGK-Aushub Bkl. 3-5, m. Oberbodenabtraq, seitl. laqern, hinterfüllen                 | 38,000  | m <sup>2</sup> | 310 | 0,0  |
| <b>Gründung</b>  |         |                |     |      |
| 320 GRK Fundamentpl. B25, Dämmung 100 mm, unter Bodenpl., Abdichtung, schw. Estr., Linol | 53,300  | m <sup>2</sup> | 320 | 0,0  |
| <b>Außenwand</b>   |         |                |     |      |
| 330 AWK Holz-Brettstapel, sichtb., Fi, Dämmung, Zellul. 160mm, Schalung, NH-Lasur        | 141,857 | m <sup>2</sup> | 330 | 0,0  |
| 334 AW Fenstertür Fi, 1-flügelig, 2,0-3,0 m <sup>2</sup> , ohne Sprossen                 | 31,380  | m <sup>2</sup> | 334 | 0,0  |
| 334 AW Haustür Fi, prof. Schalung, Lasur, 1125x2125mm                                    | 1,000   | St             | 334 | 0,0  |
| 334 AW Fenster Fi, 1-flügelig, 0,5 - 2,0 m <sup>2</sup> , ohne Sprossen                  | 2,000   | m <sup>2</sup> | 334 | 0,0  |
| <b>Dach</b>  |         |                |     |      |
| 360 DAK Holz, Pfetten, Flachdachpfanne, HWF Platten, Zellulose 200, GF-Bekl., Kupfer     | 59,760  | m <sup>2</sup> | 360 | 0,0  |

Abbildung 5-3: PDF-Dokument Mustergebäude „Kosten“ auf Internet-Plattform

Das Ergebnis der Auftraggeberentscheidung stellt die Basis für die Entwurfsphase dar. Die Entwurfsplanung entspricht im Wesentlichen dem Vorgehen der Vorplanung, die Bearbeitungstiefe steigt jedoch beträchtlich an. Es sollten zwei, maximal drei alternative Ansätze weiter verfolgt werden. Da es bei der Freigabe zur Projektdurchführung in der Phase der Entwurfsplanung um die konkrete Entscheidung zum Bau des Projektes geht, müssen die zur Verfügung gestellten Informationen entsprechend aussagefähig sein. Toleranzen bei der Kostenermittlung sollten die Größenordnung von 5 - 8 % nicht übersteigen.

Der Einsatz von LEGOE als Optimierungshilfe bei der Kostenplanung ist obligatorisch. Der Einsatz von Grobelementen aus dem Siradoskatalog läßt eine schnelle Verknüpfung mit den

CAD-Objekten zu. Ebenso kann das Interpretationsprogramm zur Überprüfung der Zielwerte Energie und Ökologie eingesetzt werden.

Die Informationen des Architekten sind die Basis für die Entscheidung des Auftraggebers. Daraus ergibt sich eine besondere Verpflichtung zur Sorgfalt bei der Planung. Der Entwurfsbericht bildet den Abschluss dieser Phase. Sollten darin Abweichungen von den in der Projektorganisation getroffenen Festlegungen notwendig werden, sind diese kenntlich zu machen und in ihren Folgen zu beschreiben. Der Auftraggeber unterschreibt den Entwurfsbericht und erteilt die Freigabe zu der nächsten Planungsphase.

Zu diesem Zeitpunkt sollte auch eine Abstimmung mit der Fertigungsplanung erfolgen, ob alle Bauteile problemlos lokalisiert und identifiziert werden können.

### 5.1.3.2 Genehmigungsplanung

Die Genehmigungsplanung ist eine Umsetzung der Entwurfsplanung in die behördlich notwendigen und vorgeschriebenen Pläne. Probleme sollten hierbei nicht mehr auftreten, wenn alle Abstimmungen durch die Planungsteams mit den Behörden in der Entwurfsphase erfolgt sind und dokumentiert wurden. Spätestens zu diesem Zeitpunkt ist ein Controlling angebracht. Das Controlling hat zur Aufgabe die kritische Betrachtung der bisher vom Büro erbrachten Leistung, sowie die Beurteilung des Büros durch die anderen Beteiligten. Dies erlaubt zu einem Zeitpunkt noch Korrekturen, die nur geringe finanzielle Folgen haben.

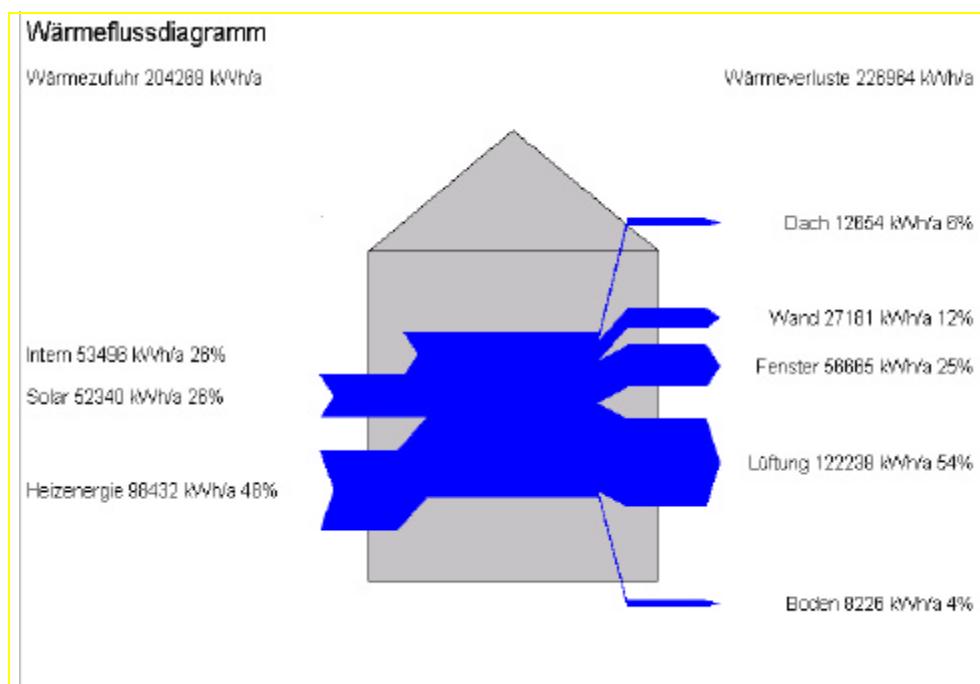
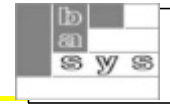


Abbildung 5-4: PFD-Dokument Mustergebäude „Wärme“ auf Internetplattform





Es macht keinen Sinn, diese Beurteilung erst am Ende des Projektes durchzuführen. Dann sind etwaige Verbesserungen im Projekt ohne Wirkung.

Mit LEGOE läßt sich der Nachweis zur Einhaltung der EnEV direkt aus dem elementverknüpften Gebäudemodell produzieren.

### 5.1.3.3 Ausführungsplanung und Ausschreibung

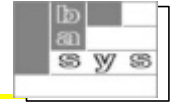
Die Ausführungsplanung verdichtet alle bisherigen Informationen zu einer baufähigen Lösung. Vor allem in der Detailabstimmung ist während dieses Zeitraums eine intensive Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber notwendig. Die Ausschreibung setzt die getroffenen Entscheidungen in Kosten- und Terminaussagen seitens der beteiligten Firmen um. In dieser Phase spielt das Kostencontrolling eine wesentliche Rolle.

In BASYS entfällt die Detaillierung des Holzbaus, da die integrierten Details alle Informationen für die Fertigung bereits mitbringen. Ein virtueller Probelauf sollte stattdessen auf dem Rechner des Fertigers erfolgen.

Der Auftraggeber ist hier über die Konsequenzen aus den Anforderungen und Wünschen zu informieren. Während dieser Phase ist ein hoher Bedarf an spezifischen Informationen und dies macht es erforderlich Gespräche mit ausführenden Firmen und Produktherstellern zu führen. In dieser Phase treten auch die meisten Konflikte auf, da die Beteiligten unterschiedliche Bedürfnisse verfolgen:

| Text                                | GP         | GP inkl. MwSt | Prozent |
|-------------------------------------|------------|---------------|---------|
| 1002 ERDARBEITEN                    | 83.196,41  | 96.507,84     | 2,3     |
| 1009 ENTWÄSSERUNGSKANALARBEITEN     | 5.896,79   | 6.840,28      | 0,2     |
| 1012 MAUERARBEITEN                  | 695.454,70 | 806.727,45    | 19,0    |
| 1013 BETON- UND STAHLBETONARBEITEN  | 710.932,69 | 824.681,92    | 19,4    |
| 1014 NATURWERKSTEINARBEITEN         | 387,00     | 448,92        | 0,0     |
| 1015 BETONWERKSTEINARBEITEN         | 73.122,21  | 84.821,76     | 2,0     |
| 1016 ZIMMER- UND HOLZBAUARBEITEN    | 106.739,56 | 123.817,89    | 2,9     |
| 1018 ABDICHTUNG GEGEN WASSER        | 23.076,82  | 26.769,11     | 0,6     |
| 1020 DACHDECKUNGSARBEITEN           | 71.526,31  | 82.970,52     | 2,0     |
| 1021 DACHABDICHTUNGSARBEITEN        | 18.872,86  | 21.892,52     | 0,5     |
| 1022 KLEMPNERARBEITEN               | 10.749,97  | 12.469,97     | 0,3     |
| 1023 PUTZ- UND STUCKARBEITEN        | 316.184,82 | 366.774,39    | 8,6     |
| 1024 FLIESEN- UND PLATTENARBEITEN   | 31.019,48  | 35.982,60     | 0,8     |
| 1025 ESTRICHARBEITEN                | 103.116,87 | 119.615,57    | 2,8     |
| 1027 TISCHLERARBEITEN               | 469.224,62 | 544.300,56    | 12,8    |
| 1029 BESCHLAGARBEITEN               | 4.603,05   | 5.339,54      | 0,1     |
| 1030 ROLLADEN- UND SONNENSCHUTZA... | 13.891,71  | 16.114,38     | 0,4     |
| 1031 METALLBAUARBEITEN              | 58.954,08  | 68.386,73     | 1,6     |
| 1032 VERGLASUNGSARBEITEN            | 578,32     | 670,85        | 0,0     |
| 1034 MALER- UND LACKIERARBEITEN     | 68.568,80  | 79.539,81     | 1,9     |
| 1036 BODENBELAGSARBEITEN            | 114.786,68 | 133.152,55    | 3,1     |
| 1037 TAPEZIERARBEITEN               | 50.781,70  | 58.906,77     | 1,4     |
| 1039 TROCKENBAUARBEITEN             | 29.837,58  | 34.611,59     | 0,8     |

Abbildung 5-5: Auswertung Mustergebäude nach STLB-Gewerkstruktur



- ? Die Auftraggeber verfolgen das Individualitätsprinzip.
- ? Der Planer verfolgt das Optimalprinzip.
- ? Produkthersteller und ausführende Firmen verfolgen das Wirtschaftlichkeitsprinzip.

Die Planer müssen hier die Aufgabe der neutralen Werter und Wichter für den Auftraggeber übernehmen.

Wenn alle Gebäudeelemente erfasst wurden, kann mit LEGOE-Kostenplanung die Elementstruktur des Gebäudes in die für die Ausschreibung notwendige Gewerkstruktur nach StLB automatisch aufgelöst werden. Die entstandenen Roh-Leistungsverzeichnisse, auf der Massenauswertung der CAD basierend, liefern nach weiterer Bearbeitung eine vorläufige Kostenberechnung, die mit den erzielten Preisen der Ausschreibung kontinuierlich verglichen werden kann.

#### **5.1.3.4 Vergabeverfahren**

Der größte Erfolg während der Angebotsphase wird erreicht, wenn die ausführenden Unternehmen mit ihrem jeweils spezifischen gebündelten Wissen mit in die Entscheidung zusammen mit den Planungsbeteiligten einbezogen werden. Zu jedem Vergabegespräch ist ein Vergabeprotokoll zu erstellen. Der Auftraggeber erteilt den Bauauftrag an den Anbieter. Das Planungsbüro hat die Vertragsbestandteile, wie Pläne, Leistungsbeschreibungen, Projekt- und Bauzeitenpläne entsprechend den in dem Vergabegespräch festgelegten Änderungen zu modifizieren und auszuliefern. Diese bilden eine eindeutige allseits anerkannte Vertragsgrundlage für die Bauausführung.

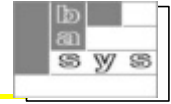
Am Ende der Vergabephase ist ein weiteres Controlling notwendig.

### **5.1.4 Baudurchführung**

#### **5.1.4.1 Bauphase**

In der Phase der Baudurchführung sind wichtige Arbeitsinhalte des Planungsbüros:

- ? Koordinierung der Projektbeteiligten
- ? Durchführung von Qualitätskontrollen
- ? Durchführung von Quantitätskontrollen
- ? Terminmanagement
- ? Kostenmanagement



Die während dieser Phase vom Auftraggeber noch veranlassten Änderungen sind durch zusätzliche ergänzende vertragliche Regelungen mit allen Beteiligten abzustimmen und die Konsequenzen für den Projektablauf aufzuzeigen. Durch die Anpassung des Element-Gebäudemodells an die geänderten Planungsrealitäten kann jederzeit eine neue Kostenermittlung durchgeführt werden. Auch die Konsequenzen bezüglich Lebenszykluskosten, Energiebedarf und ökologische Belastung kann durch entsprechende Auswertungen des LEGOE-Programms nachprüfbar.

In Basys ist dies die entscheidende Phase für die lückenlose Umsetzung der Planung in die Fertigung des Holzbaus.

#### **5.1.4.2 Abnahme**

Zentraler Bestandteil der Baudurchführung ist die Abnahme der fertiggestellten Gewerke. Diese sind durch den Auftraggeber durchzuführen und das Planungsbüro hat die Dokumentation der Abnahme zu erstellen. Im Abnahmeprotokoll müssen alle Abweichungen von den vertraglichen Vereinbarungen festgeschrieben werden. Die Abnahme soll eine Beweisaufnahme der ausgeführten Qualität sein. Über das Ergebnis ist zu einem späteren Zeitpunkt zu entscheiden. Die Abnahme hat schwerwiegende rechtliche Konsequenzen für den Auftraggeber:

.



Abbildung 5-6: Protokoll der Blower-Door-Prüfung auf der Internetplattform

- ? Verantwortung für den Untergang der Leistung
- ? Beginn der Gewährleistungsfrist
- ? Vorbehalt der Geltendmachung von Vertragsstrafen
- ? Vorbehalt von Geltendmachung von Schadenersatzansprüchen.

Zur Unterstützung der Abnahme sollten Qualitätssicherungsmaßnahmen vorgelegt oder zusätzlich durchgeführt werden, z.B. Holzfeuchtemessung, Blower-Doorprüfung, Druckprotokolle. Diese Dokumente können in LEGOE beim Projekt abgelegt und verwaltet werden.

#### 5.1.4.3 Rechnungsprüfung

Zu diesem Zeitpunkt muss die Rechnungsprüfung einschließlich aller Aufmaße erstellt werden und ein Gewährleistungskalender wird angefertigt. Darin wird der Beginn und das Ende der vereinbarten Gewährleistungszeiträume dokumentiert. Die Zahlungsleistungen sind

wie die eigentlichen Bauleistungen Werkleistungen. Deshalb muss der Auftraggeber auch für die Leistung des Architekten eine immaterielle Abnahme der Planungsleistung durchführen.

#### 5.1.4.4 Controlling

In dieser Phase sollen die ausführenden Firmen durch den Auftraggeber beurteilt werden, die ausführenden Firmen werden auch durch die Planungsbeteiligten beurteilt und die ausführenden Firmen beurteilen die Planungsbeteiligten ihrerseits.

#### 5.1.5 Projektübergabe

Das fertiggestellte Projekt wird an den Auftraggeber übergeben. Mittels eines Formblatts ist die Fertigstellungsmeldung aller Planungsleistungen an den Auftraggeber zu dokumentieren. Damit beginnt die Gewährleistungsverpflichtung für das Planungsbüro. Der Auftraggeber kann dabei Vorbehalte und Einwände anmelden. Er dokumentiert durch seine Unterschrift die Abnahme.

##### 5.1.5.1 Gebäudepaß

Dem Auftraggeber sollten zu diesem Zeitpunkt alle Dokumente, die das Projekt betreffen, übergeben werden. Der sogenannte Gebäudepaß umfaßt eine Fülle an Nachweisen, unter denen die Gebäudebeschreibung nach Bauteilen die wesentlichste Neuerung darstellt. Ein Teil dieser Dokumente kann mit LEGOE erzeugt werden. Der Nachweis des Erreichens der Zielwerte wird ebenfalls mit LEGOE durchgeführt.

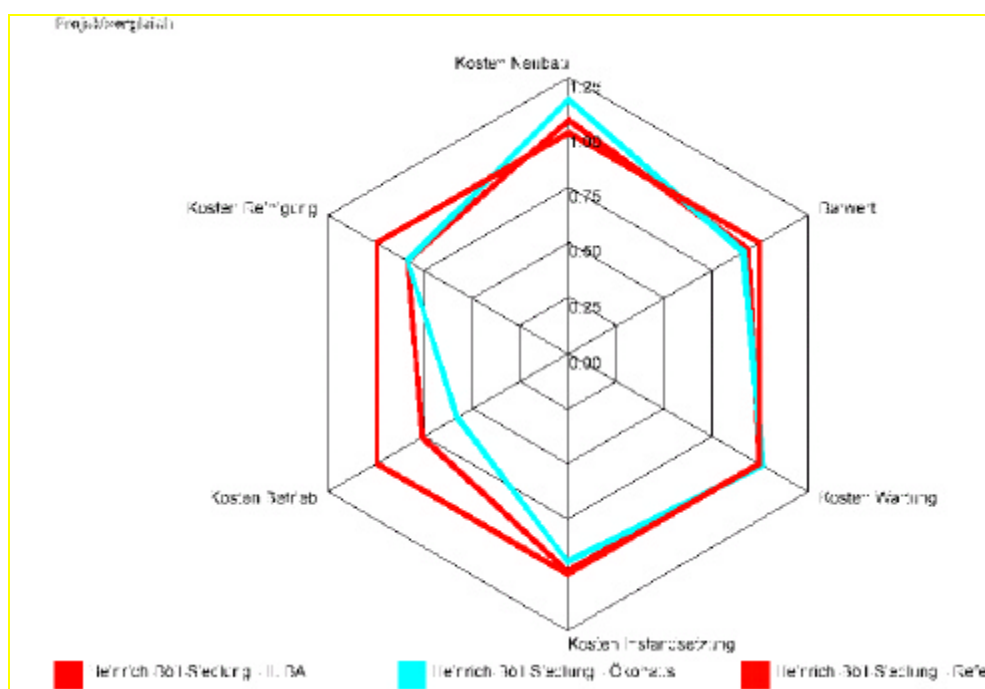
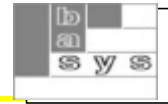


Abbildung 5-7: Projektvergleich mit LEGOE auf der Internetplattform



### 5.1.5.2 Nachkalkulation

Nach Beendigung des Projekts sollte die Leistung des Planungsbüros und der Planungsbeteiligten beurteilt werden. Eine Stärken- und Schwächenanalyse stellt fest, an welchen Stellen in den festgelegten Arbeitsabläufen Mängel aufgetreten sind. Daraus können konkrete Beschlüsse zur Durchführung von korrigierenden Maßnahmen getroffen werden. Diese Maßnahmen sind in festgelegten Zeiträumen umzusetzen.

### 5.1.5.3 Betriebswirtschaftliche Nachkalkulation

Während des Bearbeitungszeitraums werden die in dem Projekt anfallenden Zeiten getrennt für alle Leistungsbereiche erfasst. Die abschließende Nachkalkulation liefert eine wichtige Grundlage für Kalkulationen neuer Projekte. Die gesamtwirtschaftliche Betrachtung aller Projekte in einem Büro ist für eine ordnungsgemäße Unternehmensführung unerlässlich. Eine Rücklage für Mängelbearbeitung während des Gewährleistungszeitraums ist zu bilden.

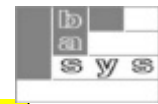
### 5.1.5.4 Projektdokumentation

Für eigene Marketingmaßnahmen ist eine Kurzdokumentation des Projektes im A4 Format zu erstellen. In Form von Pressemitteilungen können diese an Redaktionen, Zeitungen und Zeitschriften versandt werden.

In BASYS werden die Ergebnisse im Internetauftritt „basysnetz.de“ dokumentiert.



Abbildung 5-8: Projektdokumentation „Basysnetz.de“ im Internet



## 5.1.6 Baubetreuung/Bauunterhalt

Die Nutzungsphase des Gebäudes ist auch für den Architekten von Bedeutung. Von einer erfolgreichen Inbetriebnahme bis zur Anforderung von Umbauten, Anpassungen oder Instandsetzungen, kann der Architekt sich als kompetenter Dienstleister positionieren. Mit der LEGOE-Gebäudedokumentation werden die Ausgangsunterlagen für ein Facility Management zusammengestellt.

### 5.1.6.1 Mängelbeseitigung

Durch den Einzug dokumentiert der Auftraggeber die Übernahme des Werks. Während der Nutzungsphase treten verschiedene Fälle auf, die die Inanspruchnahme des Architekten zur Folge haben. Mängel innerhalb der Gewährleistungsphase müssen dokumentiert werden. Die Beseitigung durch die jeweilige Ausführungsfirma ist zu veranlassen.

### 5.1.6.2 Erfolgskontrolle Energie

Die Energieverbrauchsdaten sollten während der ersten Fünfjahres-Periode jährlich mit den Vorausberechnungen überprüft werden. Bei erheblichen Abweichungen oder Schwankungen sollten die Ursachen ermittelt werden.

| Projekt Heinrich-Böll-Siedlung - II. BA |   |      |        |       |
|---|---|------|--------|-------|
| Lebenszykluskosten / Positionen         |   |      |        |       |
| Nr                                      | Text  | ME   | Zyklus | Menge |
| <b>1040</b>                             | <b>WÄRMEERZEUGER, ZENTR. EINRICHTUNGEN</b>                            |      |        |       |
| <b>1040094</b>                          | <b>WARTUNGSARBEITEN</b>   |      |        |       |
| 1040094005                              | Wartung, Heizkesselanlage, 2 Jahre                                    | St   |        | 1,500 |
|   | Brennwertkessel, Gas, 28-38 MW, mit Rohrbündel und 500 Liter Speicher |      | 1,000  | 1,500 |
| 1040094015                              | Gasbrenner-Wartung, bis 100 kW  | St   |        | 3,000 |
|   | Brennwertkessel, Gas, 28-38 MW, mit Rohrbündel und 500 Liter Speicher |      | 1,000  | 3,000 |
| 1040094020                              | Heizkesselreinigung, bis 50 kW  | St   |        | 3,000 |
|   | Brennwertkessel, Gas, 28-38 MW, mit Rohrbündel und 500 Liter Speicher |      | 1,000  | 3,000 |
|   | <b>Zwischensumme Titel</b>  |      |        |       |
|   | <b>Zwischensumme</b>  |      |        |       |
| <b>1041</b>                             | <b>HEIZFLÄCHEN, ROHRLEITUNGEN usw.</b>                                |      |        |       |
| <b>1041094</b>                          | <b>WARTUNGSARBEITEN</b>   |      |        |       |
| 1041094130                              | Abgasanlage, Gas-Brennwert, warten, 12 m                              | psch |        | 3,000 |
|   | Brennwertkessel, Gas, 28-38 MW, mit Rohrbündel und 500 Liter Speicher |      | 1,000  | 3,000 |
|   | <b>Zwischensumme Titel</b>  |      |        |       |

Abbildung 5-9: Ausschreibungstext Reinigung aus LEGOE

### 5.1.6.3 Ausschreibungshilfe Reinigung/Wartung

Die notwendigen Unterlagen für die Reinigung und Wartung des Gebäudes sind dem Auftraggeber vorzubereiten. Wie bei einem Bauauftrag sind Leistungsverzeichnisse zu erstellen und Aufträge zu vergeben. Die Ist-Zahlen sind mit den Soll-Zahlen zu ergleichen. Für die technischen Einrichtungen und einzelne Bauteile sind Wartungspläne zu erstellen.

### 5.1.6.4 Instandsetzung

Die Instandsetzungsphasen sind für alle betroffenen Bauteile entsprechend der einzelnen Jahrgänge aufzustellen. Ein Vorschlag für eine Instandsetzungsrücklage ist zu erarbeiten. Mit der Auswertung der Lebenszykluselemente mit dem LEGOE-Programm sind Vorhersagen zum Zeitpunkt der jeweiligen Maßnahme möglich und aus den Aufwendungen läßt sich auch die jährliche Instandsetzungsrücklage berechnen.

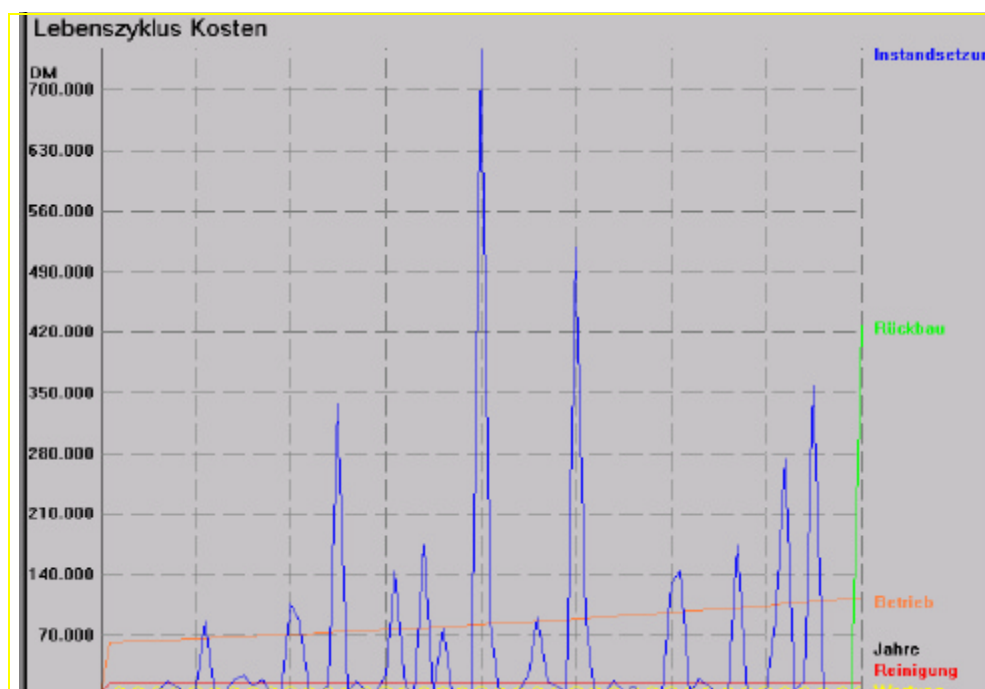
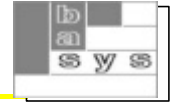


Abbildung 5-20: Instandsetzungsaufwand im Verlauf von 80 Jahren (blaue Linie)

## 5.2 Zeitplanung

Für die Bearbeitung des QM –Handbuches wurden die Arbeitsläufe des Architekten nach den Phasen bewertet und damit die Grundlage des Arbeitsablaufs für den Zeitplan definiert.





## 5.2.1 Qualitätssicherungsinstrumente für das Forschungsprojekt

Für die Qualitätssicherung der Ablaufplanung des Forschungsprojekts wurden verschiedene Instrumente institutionalisiert.

- ? Protokollierung von aufgabenrelevanten Beschlüssen, Anlage eines Beschlußbuches
- ? Kontrolle der Durchführung von Beschlüssen bei jeder Projektsitzung
- ? Vorlage von arbeitsrelevanten Dokumenten

### **Forschungsprojekt BASYS**

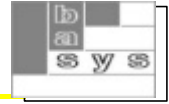
Zusammenstellung von Informationen und Beschlüssen zum  
Projekt - Stand 3.3.2002 H. König

Gliederung:

1. Projektorganisation
2. Kommunikationsplattform
3. LEGOE / Elementkatalog
4. Hausmodelle /Siedlung
5. Brettstapeltechnologie, Details
6. CAD/CNC/Schnittstelle
7. Haustechnik
8. Planungs- und Bauablauf
9. Qualitätssicherung – Reverse Engineering

Abbildung 5-31: Beschlußbuch – Ausschnitt

- ? Erstellung von Arbeitsaufträgen durch den Projektleiter
- ? Kontrolle der Auftragserteilung und Auftragserfüllung über  
Formulare
- ? Kontrolle der Aufgabenerfüllung vierteljährlich bei den  
Projektsitzungen
- ? Kontrolle der Zwischenberichte halbjährlich

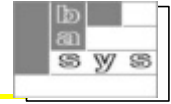


### 5.2.2 Zeitplanung:

- ? Arbeitsplan des Forschungsantrag mit Gliederung und Verteilung der Bearbeitungspunkte auf die Projektpartner
- ? Zeitplanung des Forschungsantrags , Aufteilung bis zur dritten Ebene der Arbeitsgliederung
- ? Kontrolle der Zeitplanung und Aufgabenerfüllung vierteljährlich bei den Projektsitzungen

#### Informationsfluß:

- ? Einrichtung eines virtuellen Büros im Internet
- ? Anfertigung von Protokollen von jeder Projektsitzung
- ? Anfertigung von Protokollen bei jeder Arbeitskreissitzung
- ? Übersicht über Dokumentzugriffe
- ? Kontrolle des Informationsfluß bei jeder Projektsitzung
- ? Veröffentlichung des Beschlußbuches



## 6 ODBC-Schnittstelle zwischen CAD Programm - speedikon und LEGOE-Software

Zwischen der CAD-Software speedikon und der Gebäudebewertungssoftware SirAdos-LEGOE wurde eine Schnittstelle entwickelt, die einen Datenaustausch zwischen beiden Systemen ermöglicht. Über die ODBC-Schnittstelle zwischen speedikon und dem SirAdos-Elementkatalog können im Gebäudemodell beliebige graphische Elemente des Gebäudes mit den Ausschreibungs-Elementen des Kataloges verknüpft werden.

### 6.1 Allgemeines

Im CAD-System speedikon erfolgt die Eingabe der geometrischen und semantischen Gebäudebeschreibung. Die geometrische Beschreibung und die topologischen Beziehungen der Bauteile sind die Grundlage der quantitativen Auswertung des Gebäudemodells und der Bewertung durch die LEGOE-Interpretationsprogramme.

Die grafische Eingabe der Gebäudeebenen erfolgt dreidimensional und, der praktischen Arbeit eines Architekten entsprechend, grundrißorientiert.

Ebenso grafisch erfolgt eine Verknüpfung der CAD-Objekte mit Elementen der sirAdos-Baudatenbank.

Ergebnis ist ein digitales dreidimensionales Gebäudemodell mit Datenbankreferenzen der Elemente des Rohbaus, des Ausbaus und der technischen Gebäudeausrüstung.

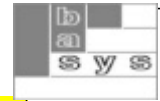
Dabei werden Elementmengen, Hüllflächen und Räume gebäudeweise berechnet und in die Projektdatenbasis PDB eingetragen. Desweiteren wird das Bauvorhaben hierarchisch strukturiert und mit Grundinformationen, wie Klimadaten am Standort, Angaben zum Baugrundstück und Planungszielvorgaben, versehen. Neben analytischen Informationen für die PDB werden Grundrisse, Schnitte, Ansichten als grafische Planungsdokumente erzeugt und gespeichert.

#### 6.1.1 Datenstruktur

Die nachstehende Abbildung zeigt die Strukturierung der Daten im CAD-System. Das zu planende Bauvorhaben wird zunächst in einzelne Gebäude gegliedert. Alle Berechnungen finden auf der Ebene *Gebäude* statt.

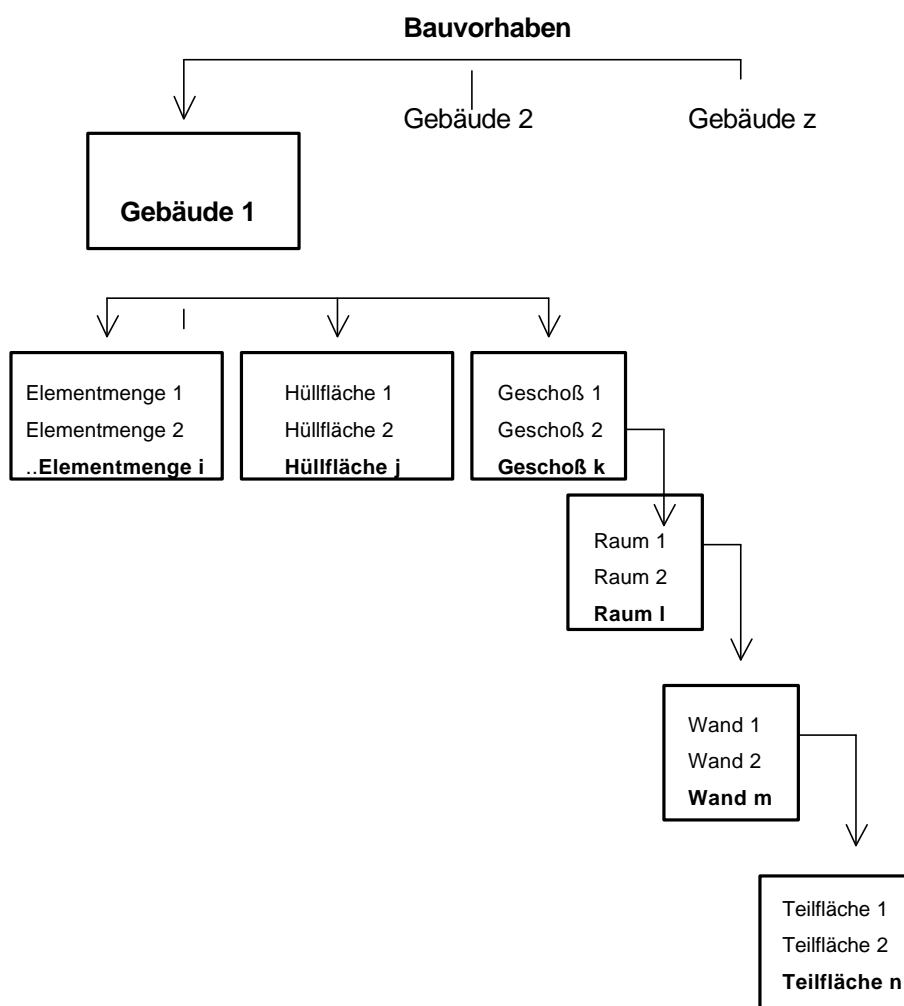
Wesentliche Funktion des CAD-Systems ist es, diese Hierarchie zu definieren und basierend auf dieser Struktur die Berechnungen durchzuführen.

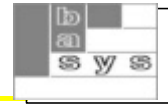
Dabei werden folgende Ergebnisse geliefert :



- ? Elementmengen
- ? Hüllflächen und
- ? raumbezogene Teilflächen.

Durch sogenannte Elementlabel wird für diese Quantitäten der Bezug zur qualitativen Beschreibung in der sirAdos-Baudatenbank hergestellt. Neben diesen nun bewertbaren Mengendaten wird auch die gesamte Struktur in die Projektdatenbasis PDB eingetragen. Der folgende Abschnitt *Daten* beschreibt für jede Hierarchiestufe dieser Struktur diejenigen Daten, die zur Weiterverarbeitung durch die Interpretationsprogramme zur Verfügung gestellt werden.





## 6.1.2 Daten

Um die jeweiligen Datensatzbeschreibungen besonders inhaltlich zu verdeutlichen, wurde in der folgenden Übersicht eine zusätzliche Gliederung in Datengruppen vorgenommen.

Eine genaue Beschreibung der Datentypen, Einheiten und Namen findet sich in der Dokumentation der PDB. Das CAD-System trägt folgende Daten in die PDB ein.

Für ein Bauvorhaben :

| Kopfdaten       | Klimadaten        | Grundstücksdaten   | Strukturdaten     |
|-----------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| Projektnummer   | Außentemperatur   | Grundstücksfläche  | Liste der Gebäude |
| Bauherr         | Niederschlagshöhe | Grünfläche         |                   |
| Kurzbezeichnung | Windverhältnisse  | Versiegelte Fläche |                   |
| Langbezeichnung | Gegend            | Grundwassertiefe   |                   |
| Liegenschaft    |                   | Gelände über NN    |                   |
| Lage            |                   |                    |                   |

Für ein **Gebäude** :

| Kopfdaten        | Mengendaten            | Strukturdaten            |
|------------------|------------------------|--------------------------|
| Nummer           | Gebäudevolumen         | Liste der Hüllflächen    |
| Bezeichnung      | BGF nach DIN 277       | Liste der Geschosse      |
| Gebäudetyp       | BRI nach DIN 277       | Verweis auf Zielvorgaben |
| Nutzung          | NF nach DIN 277        |                          |
| Lebensalter      | Projezierte Dachfläche |                          |
| Lebenserwartung  | Bodenplatte            |                          |
| Innentemperatur  | Solarkapazität         |                          |
| Reinigungsfaktor | Gebäudehöhe            |                          |

Für eine **Hüllfläche** :

| Kopfdaten               | Geometriedaten         | Strukturdaten       |
|-------------------------|------------------------|---------------------|
| Nummer                  | Neigung                | Verweis zum Gebäude |
| Label                   | Fläche                 |                     |
| Typ (AW, AWE, DA, usw.) | Einbindetiefe Erdreich |                     |
| Sonnenminderungsfaktor  | Himmelsrichtung        |                     |



Für ein **Geschoss** :

| <b>Kopfdaten</b> | <b>Geometriedaten</b> | <b>Strukturdaten</b> |
|------------------|-----------------------|----------------------|
| Bezeichnung      | Geschosshöhe          | Liste der Räume      |

Für einen **Raum** :

| <b>Kopfdaten</b>       | <b>Geometriedaten</b> | <b>Strukturdaten</b> |
|------------------------|-----------------------|----------------------|
| Raumnummer             | Raumniveau            | Liste der Wände      |
| Raumname               | Raumhöhe              | Verweis zum Geschoss |
| Raumgruppennummer      | Raumfläche            | Verweis zum Gebäude  |
| Raumgruppenbezeichnung | Raumvolumen           |                      |
| Raumtemperatur         |                       |                      |

Für eine **Wand** :

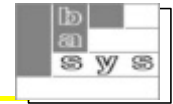
| <b>Kopfdaten</b> | <b>Geometriedaten</b> | <b>Strukturdaten</b>  |
|------------------|-----------------------|-----------------------|
| Nummer           | Neigung               | Liste der Teilflächen |
|                  | Orientierung          | Verweis zum Raum      |
|                  |                       | Verweis zum Geschoss  |
|                  |                       | Verweis zum Gebäude   |

Für eine **Teilfläche** :

| <b>Kopfdaten</b> | <b>Geometriedaten</b> | <b>Strukturdaten</b>    |
|------------------|-----------------------|-------------------------|
| Label            | Neigung               | Verweis zum Gebäude     |
| Nummer           | Flaeche               | Verweis zum Nachbarraum |
| Typ              |                       |                         |
| Orientierung     |                       |                         |

Für eine **Elementmenge** :

| <b>Kopfdaten</b> | <b>Mengendaten</b> | <b>Strukturdaten</b> |
|------------------|--------------------|----------------------|
| Label            | Menge              | Verweis zum Gebäude  |
| Kategorie        |                    |                      |



In den folgenden Abschnitten wird vornehmlich darauf eingegangen, wie die eigens für die LEGOE-Schnittstelle weiterentwickelten speedikon-Programmenteile anzuwenden sind, um auf der Grundlage der PDB Projektvarianten berechnen zu können.

## 6.2 Einrichten eines Projektes

Ein Projekt repräsentiert ein Bauvorhaben und wird mit dem Befehl *Neues Projekt* angelegt. Dazu ist auf dem Computer oder im Netzwerk ein *Laufwerk* auszuwählen und ein übergeordnetes Verzeichnis einzugeben, in welches das Projekt abgelegt wird.

### 6.2.1 Projektanlage

Als *Name* wird eine Kurzbezeichnung oder Projektnummer eingegeben. Nach dem Drücken der OK Taste ist das Projekt eingerichtet.

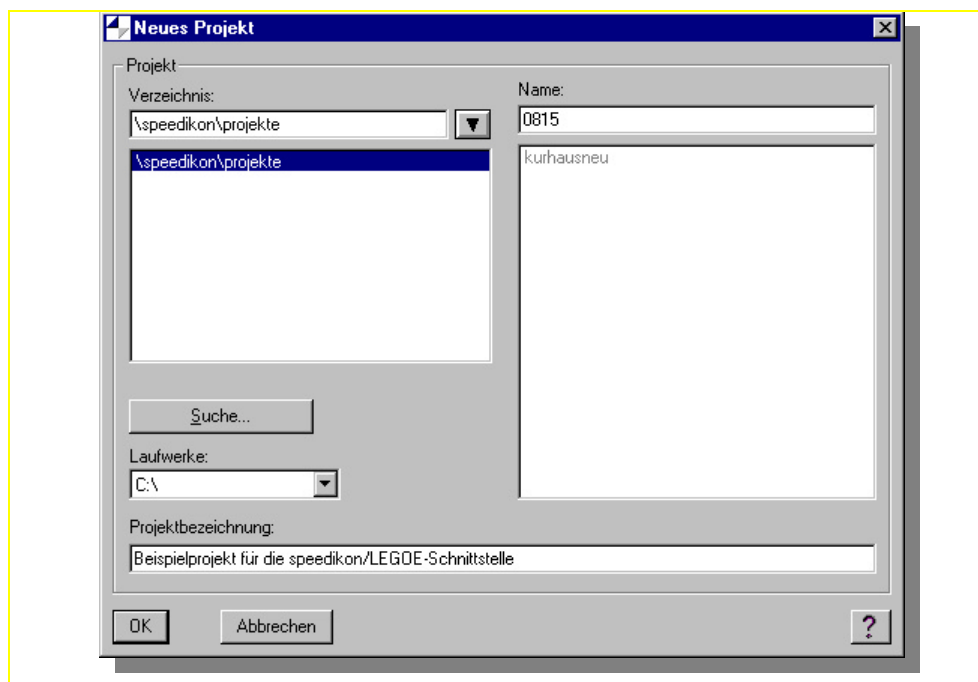


Abbildung 6-1: Dialogbox zum Einrichten eines neuen Projektes

Neben dem kurzen Projektnamen, der übrigens auch als Ordnername im Windows-Dateisystem verwendet wird, kann ein Projekt mit weiteren Informationen versehen werden. In der Dialogbox *Projektinformationen* wird eine etwas ausführlichere *Bezeichnung* eingegeben. Alle anderen Felder dienen Informationszwecken und können nicht verändert werden.

Für das Baugrundstück sind Klima- und Flächendaten einzugeben. Mit Auswahl der *Region* stellen sich automatisch auch *Außentemperatur* und *Windverhältnisse* ein. Diese Angaben entstammen der DIN 4701, Teil 2, Tab.1.

Für die Lage des Bauwerkes stehen drei Möglichkeiten zur Auswahl : *geschützte Lage*, *halbfreie Lage*, *freie Lage*.

Bei der Angabe der Flächendaten ist darauf zu achten, daß die *Gesamtgrundstücksfläche* die Summe aus *versiegelter* und *begrünter* Bodenfläche ist.

*OK Gelände* und *Grundwasserspiegel* werden bezüglich NN eingegeben. Bei Hanglage ist im Eingabefeld *OK Gelände* der höchste Punkt in Gebäudenähe einzugeben.

Mit *OK* werden alle Eingaben bestätigt und in die Projektverwaltung übernommen, andernfalls werden alle Eingaben verworfen.

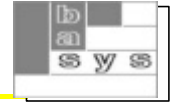


Abbildung 6-2: Daten des Baugrundstücks

## 6.2.2 Erzeugen von Grundrissen

Ein Gebäude wird geschoßweise eingegeben. Für jedes Geschoß wird ein Grundriß erzeugt. Die Vorlage steuert, in welcher Maßeinheit [mm] oder [m] gearbeitet wird. Der Zeichnungsfiler setzt den Maßstab (hier 1:100) und das Aussehen der Grundrißgrafik. Bei





der Benennung der Grundrisse ist darauf zu achten, daß die Anzeige in der Liste alphanumerisch sortiert erfolgt.

Nach dem Drücken der OK Taste öffnet sich eine neue Grundrißdatei.

### 6.2.3 Grobelemente zuordnen

Ein Geschoss wird grafisch durch einen Grundriß repräsentiert. Nachdem alle Konstruktionselemente (Außenwände, Innenwände, Stützen, Decken, Treppen) Ausbauelemente (Fenster, Türen, TGA-Objekte, etc.) und Räume

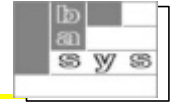
ingezeichnet sind, erfolgt das Verbinden mit der sirAdos-Baudatenbank.

Hierfür ist der Befehl *Makro ausführen* zu starten. Er befindet sich in speedikon W als Menüeintrag im speedikon-Menü, in speedikon A und M als Icon in der Werkzeugleiste *Entwurf*. Es öffnet sich folgende Dialogbox :



Abbildung 6-3: Makro-Dialogbox zur Aktivierung der Objektkennzeichnung

Es ist das Makro *sirados* auszuwählen (in speedikon A *sirados\_*) und danach mit OK zu bestätigen. Der Mauszeiger ändert sein Aussehen. Mit der linken Maustaste werden solange Bauteile an ihren Kanten selektiert, bis dieser Vorgang mit der rechten Maustaste beendet wird. Jetzt wird die Verbindung zur Datenbank aufgebaut, was je nach Größe und Konfiguration etwas länger dauern kann. Danach erscheint der Dialog, der mit einer kontextsensitiven Hilfe ausgestattet ist. Aus diesem Grunde wird hier nicht näher auf die



einzelnen Steuerelemente und deren Funktionsweise eingegangen. Um die Hilfe zu erhalten, ist das Fragezeichen anzuklicken und danach auf die gewünschte Stelle in der Dialogbox zu klicken.

Um alle Bauteile richtig zuzuordnen, wird folgende Vorgehensweise empfohlen.

- ? Wechseln Sie den Zeichnungsfiler, indem Sie den Filter *sirados* laden.
- ? Beginnen Sie mit einem bestimmten Bauteiltyp, z.B. Wände.
- ? Selektieren Sie eines oder mehrere Bauteile, z.B. Außenwände mit der linken Maustaste und beenden Sie die Auswahl mit der rechten Maustaste. Hinweis : Sie können in der Grundrißdarstellung, aber auch im 3D-Modell identifizieren.
- ? Ordnen Sie allen ausgewählten gleichartigen Bauteilen das entsprechende Grobelement zu und übernehmen Sie diese Zuordnung.
- ? Wählen Sie erneut mit der linken Maustaste andere Bauteile, z.B. Innenwände und schließen Sie die Auswahl mit der rechten Maustaste ab.
- ? Verfahren Sie solange, bis alle Bauteile verknüpft sind.
- ? Kontrollieren Sie die Quantität der Zuordnungen durch das Neuzeichnen des Grundrisses oder des 3D-Modells. Bauteile, denen ein Grobelement zugeordnet wurde, werden grün, andernfalls rot gezeichnet. Die Bauteile werden automatisch auf Layern gezeichnet, die mit „...mit\_Grobelement“ oder „...ohne\_Grobelement“ benannt werden.
- ? Kontrollieren Sie die Qualität der Zuordnungen an den Bauteilen, indem Sie den Report *siradrpt* starten. Es wird eine Excel-Arbeitsmappe erzeugt, die entsprechende Tabellen enthält. In den Tabellen werden für die jeweiligen Bauteiltypen die Nummern, das Grobelementlabel und der Grobelementkurztext aufgelistet. Nicht zugeordnete Bauteile werden rot markiert und mit ? versehen.

Das grafische Identifizieren kann durch Aktiv-/Inaktivschalten der entsprechenden Bauteillayer erleichtert werden. Zum Beispiel sollten Layer, die horizontale Bauteile wie Decken etc. enthalten, vor dem Selektieren von Wänden ausgeschaltet werden.

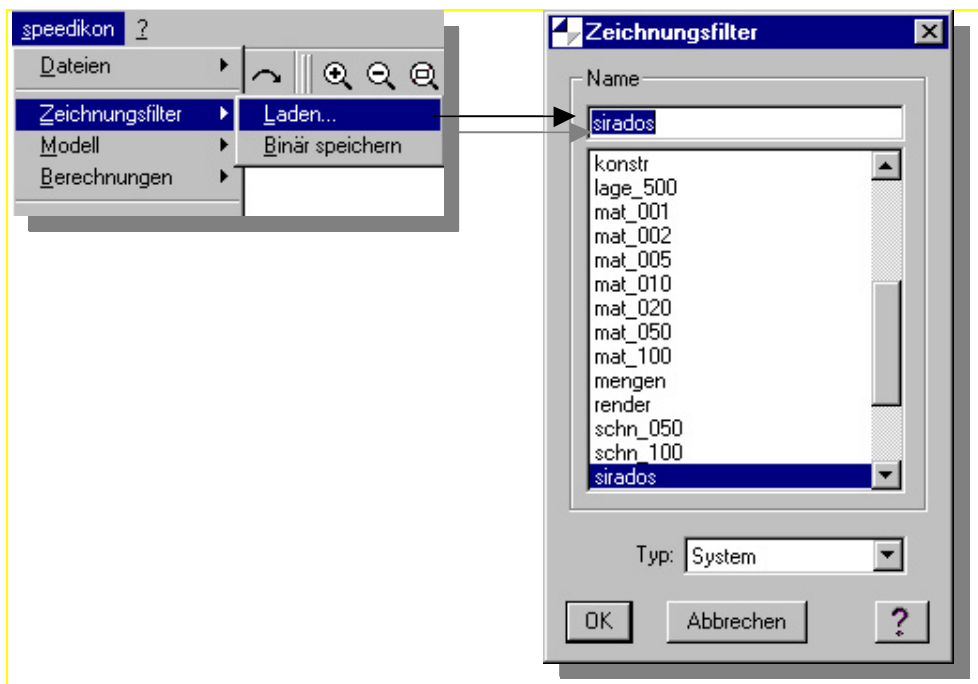
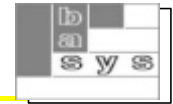


Abbildung 6-4: Auswahl des Zeichnungsfilters SIRADOS

Durch Drag und Drop-Funktion werden die ausgewählten gezeichneten Objekte mit den Elementen des SirAdos-Kataloges verknüpft. Dabei wird die Mengenermittlung der CAD automatisch mitgeführt.

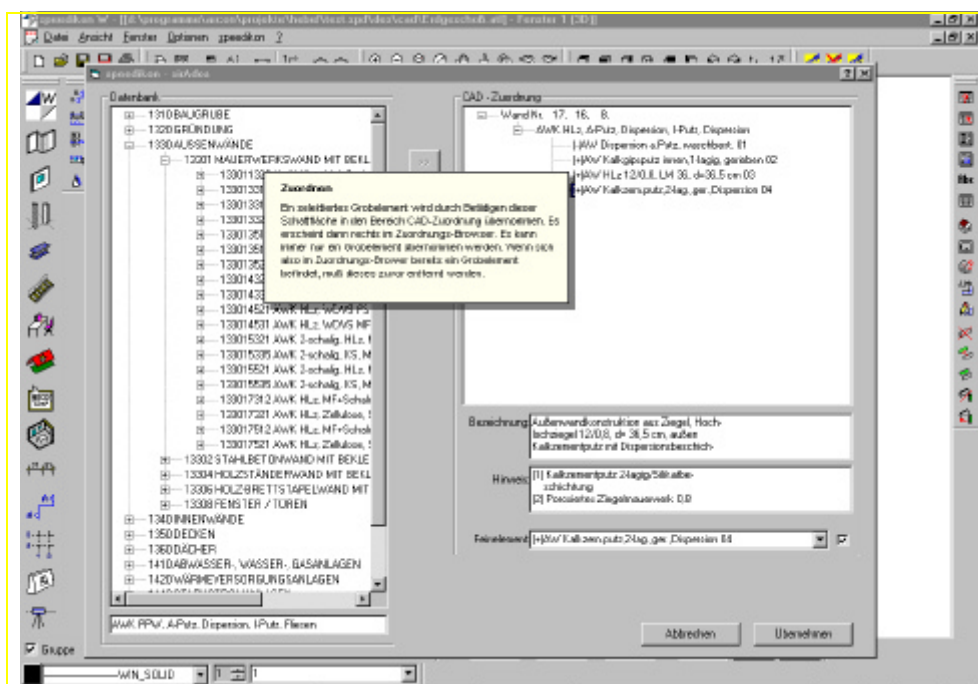


Abbildung 6-5: Zuordnungsdialog der sirAdos-Baudatenbank mit kontextsensitiver Hilfe

## 6.2.4 Tabellarische Kontrolle der Zuordnung

Neben der grafischen Kontrolle der Elementzuordnungen ist auch eine tabellarische Kontrolle möglich. Hierfür startet man das Reportmakro *siradrpt* aus der speedikon-Reportumgebung.

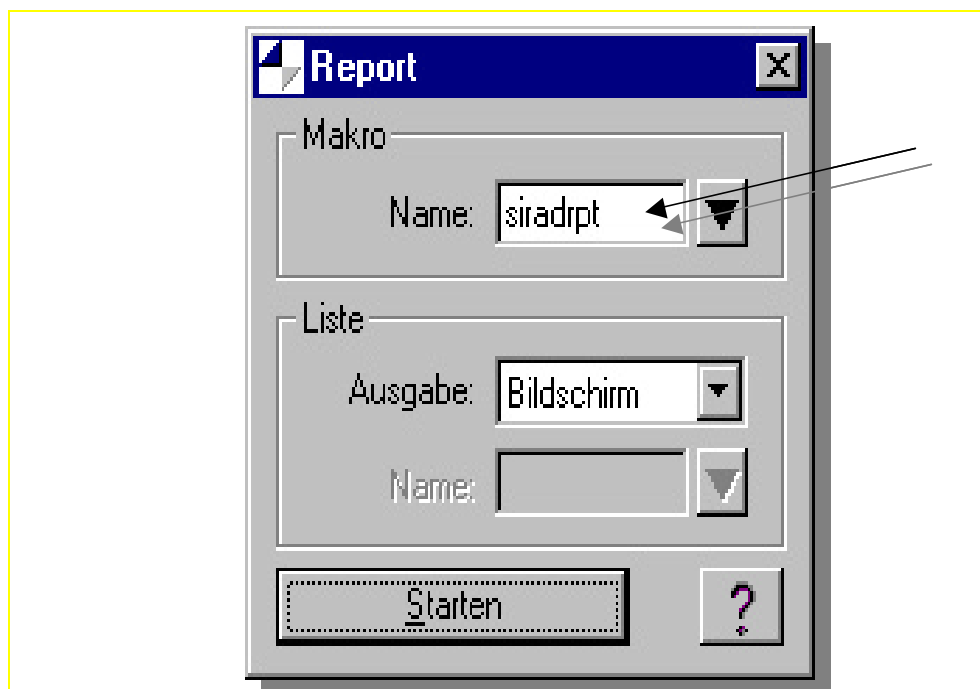


Abbildung 6-6: Auswahl des Reportmakro „siradrpt“

Dieses Makro generiert automatisch aus den Informationen des aktuell geladenen Grundrisses eine Excel-Arbeitsmappe, die aus mehreren Tabellen besteht (siehe untere Abbildung, untere Bildlaufleiste). In jeder Tabelle werden zeilenweise der Bauteilname, die ID des Bauteils sowie Label und Kurztext des zugeordneten sirAdos-Grobelementes angezeigt. Nicht zugeordnete Bauteile werden in roter Schrift gekennzeichnet, die fehlenden Informationen mit ? belegt.

## 6.2.5 Feinelemente zuordnen

Feinelemente können raumbezogenen Wandoberflächen zugeordnet werden. Dafür ist der Befehl *Makro ausführen* zu starten. Es ist das Makro *siraraum* (in speedikon A *siraraum\_*) zu wählen. Danach sind mit dem Mauszeiger der Raum am Raumtext und die entsprechende Wand an ihrer Kante zu identifizieren.

Hinweis : In speedikon A ist dafür jeweils ein Links-/Rechtsklick erforderlich.

Der Raumzuordnungsdialog öffnet sich. Hier ist ebenfalls eine kontextsensitive Hilfe verfügbar.

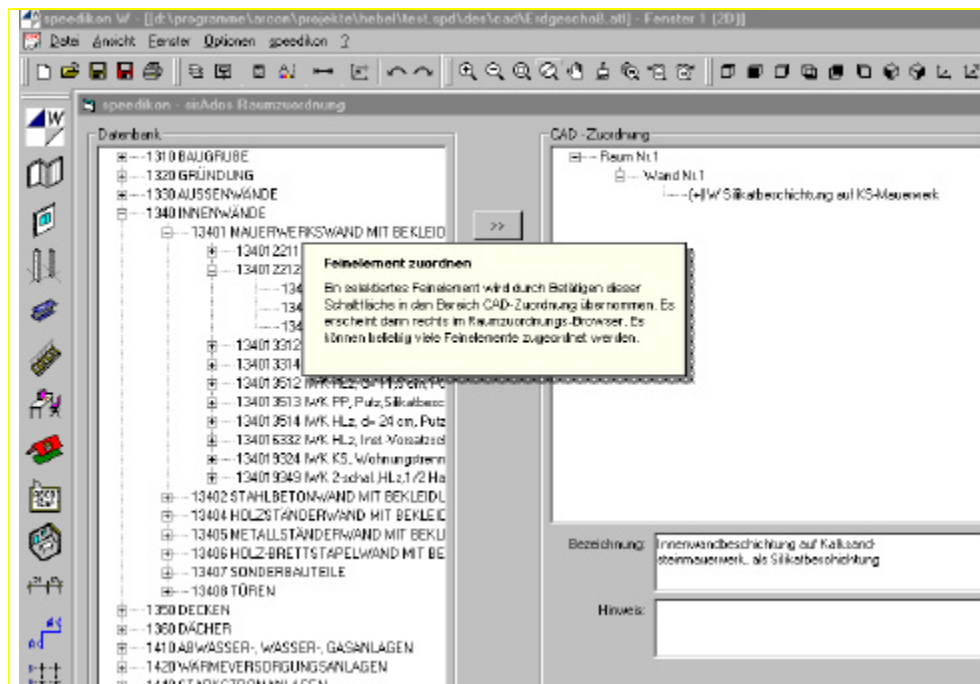


Abbildung 6-7: Raumbezogener Zuordnungskatalog

Nachdem alle Teile des Gebäudes zugeordnet worden sind, steht ein dreidimensionales Gebäudemodell zur Verfügung, dessen Bauteile durch Identifikatoren auf Elemente in der sirAdos-Baudatenbank verweisen.

## 6.2.6 Nordrichtung definieren

Für die Berechnung der nach Himmelsrichtungen orientierten Hüllflächen eines Gebäudes ist die Angabe der Nordrichtung erforderlich.

Das Einnorden erfolgt mit dem Befehl *Nordpfeil plazieren*. Die Nordrichtung ist im gesamten Projekt (also in allen Grundrissen) gleich. Ein einmal abgesetzter Nordpfeil kann nachträglich gedreht, verschoben oder auch gelöscht werden.

## 6.2.7 Gebäudedatei erzeugen

Wie bereits erwähnt, wird mit einem Projekt die Planung eines Bauvorhabens abgebildet. Für ein solches Bauvorhaben können ein oder mehrere Gebäude erstellt werden. Die Daten eines Gebäudes werden in einer Gebäudedatei gespeichert. Mit dem Befehl *Projektvarianten berechnen – Gebäude erzeugen* gelangt man in das Datenblatt Gebäude.

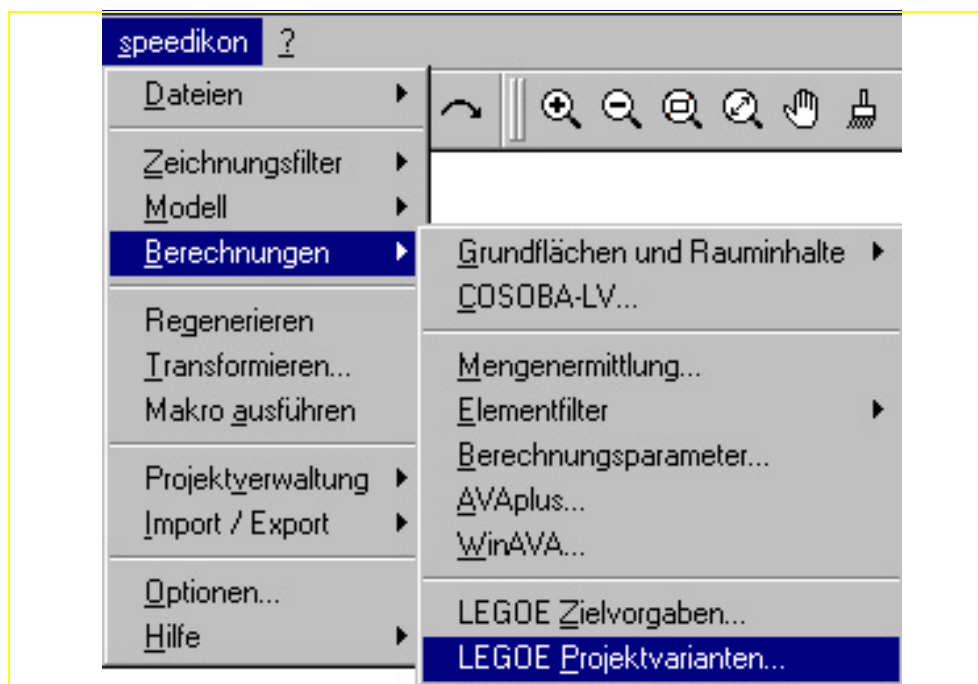


Abbildung 6-8: Erzeugen einer PDB-Datei eines abgeschlossenen Projektes

Neben der Zusammenfassung der Geschosse (Grundrisse) enthält eine Gebäudedatei weitere Spezifikationen.

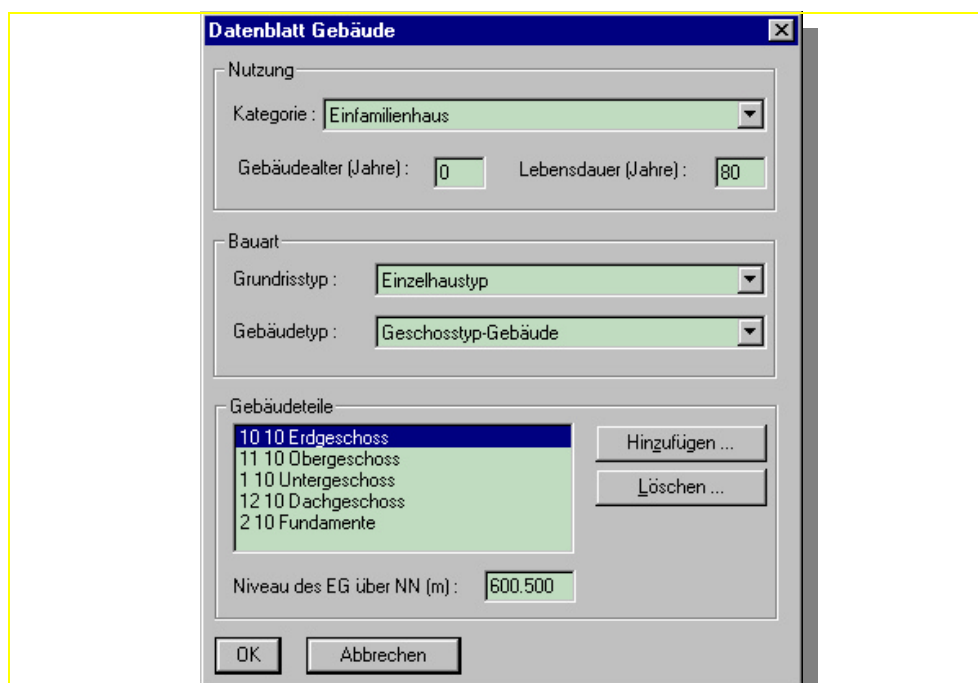
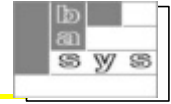


Abbildung 6-9: Datenblatt Gebäude

Für die Angabe der Nutzungskategorie steht eine Auswahlliste zur Verfügung.



Das Einstellen der Kategorie impliziert zugleich die Zuweisung einer Norm-Gebäudeinnentemperatur nach DIN 4701 und eines generellen, gebäudebezogenen Reinigungskostenfaktors.

Gebäudealter und erwartete Lebensdauer sind in Jahren anzugeben. Bei Neubauvorhaben wird das Gebäudealter auf 0 eingestellt. Die Bauart bestimmen hier die Angaben zum Grundriss- und Gebäudetyp. Die Auswahlmöglichkeiten entsprechen den Angaben aus der DIN 4701, Teil 2.

Um das Gebäude höhenmäßig im Gelände einzumessen, ist die Niveauangabe des EG über NN unbedingt erforderlich. Dieser Wert entspricht dem Geschossniveau 0.00 in speedikon.

Durch Drücken der OK Taste werden alle Angaben übernommen und in der Gebäudedatei gespeichert. *Abbrechen* verwirft alle Eingaben.

## 6.2.8 Zielvorgaben des Planers

Folgende Kennziffern sind mit dem Befehl *LEGOE-Zielvorgaben* zur Vorgabe von Zielwerten in der Gebäudeplanung einzugeben :

- ? Baukosten der KG 300 und 400 nach DIN 276
- ? Maximale monatliche Belastung durch die Investition
- ? Maximale monatliche Baunutzungskosten
- ? Maximale monatliche Gesamtbelastung
- ? Wärmebedarf für Heizung
- ? Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasser
- ? Primärenergiebedarf für Heizung
- ? Primärenergiebedarf für Heizung und Warmwasser
- ? Endenergiebedarf für Strom
- ? Primärenergiebedarf gesamt
- ? Unterschreitung der EnEV
- ? Aufwand an nichterneuerbarer Primärenergie
- ? Verhältnis von Verkehrsfläche zur Nutzfläche
- ? Maximale Raumlufthtemperatur im Sommer

## 6.2.9 Projektvarianten berechnen

Nach der Zusammenstellung der Gebäudeliste des Bauvorhabens und Eingabe der Zielvorgaben, kann die Berechnung einer Projektvariante gestartet werden.

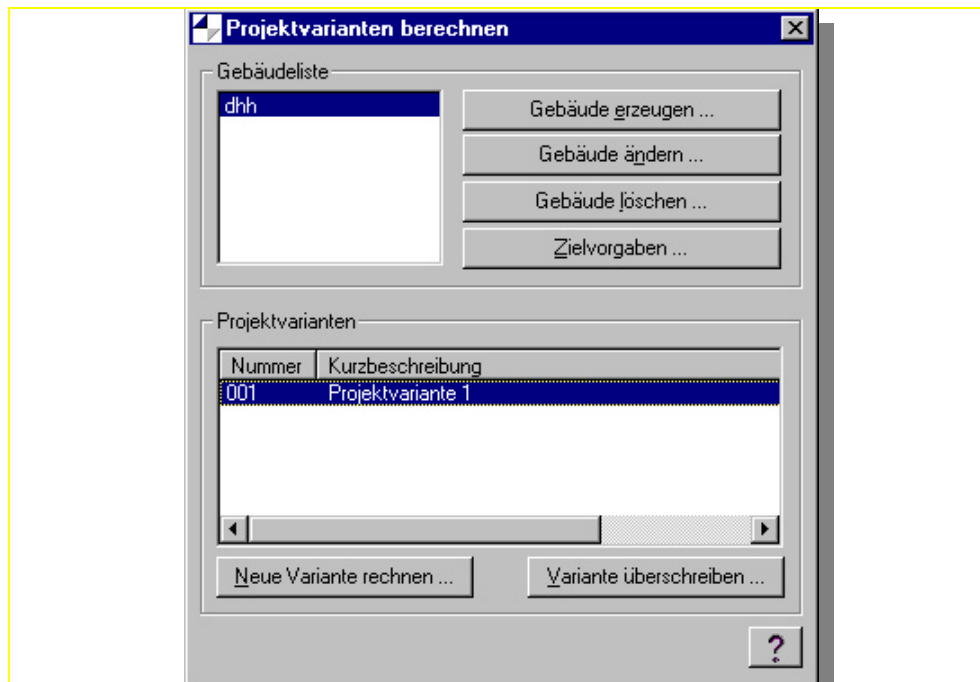


Abbildung 6-30: Projektvariante erzeugen

Die Funktion *Berechnung starten* aktiviert die Berechnung des CAD-Modells und kann je nach Größe des Gebäudedatensatzes einige Zeit in Anspruch nehmen. Das Programm meldet das Ende der Berechnung mit folgendem Hinweis : Projektvariante 001 wurde erfolgreich berechnet

Eine korrekte quantitative Auswertung des Gebäudemodells setzt voraus, daß die geometrischen Angaben in allen drei räumlichen Ausdehnungen, xy-z, richtig vorgenommen werden. Da die Eingabe der Bauteile in der Regel im Grundriß erfolgt, ist es unabdingbar, alle Höhenangaben durch das Berechnen von Gebäudeansichten und –schnitten visuell zu überprüfen und gegebenenfalls zu korrigieren. Die folgenden Abschnitte geben einen Überblick über wichtige Höhenangaben und daraus resultierenden Mengen.



## 6.3 Höhenangaben

### 6.3.1 Gebäudebezogene Höhenangaben

Anhand eines schematischen Schnittes sollen an dieser Stelle Erläuterungen zu wichtigen Höhenangaben gemacht werden.

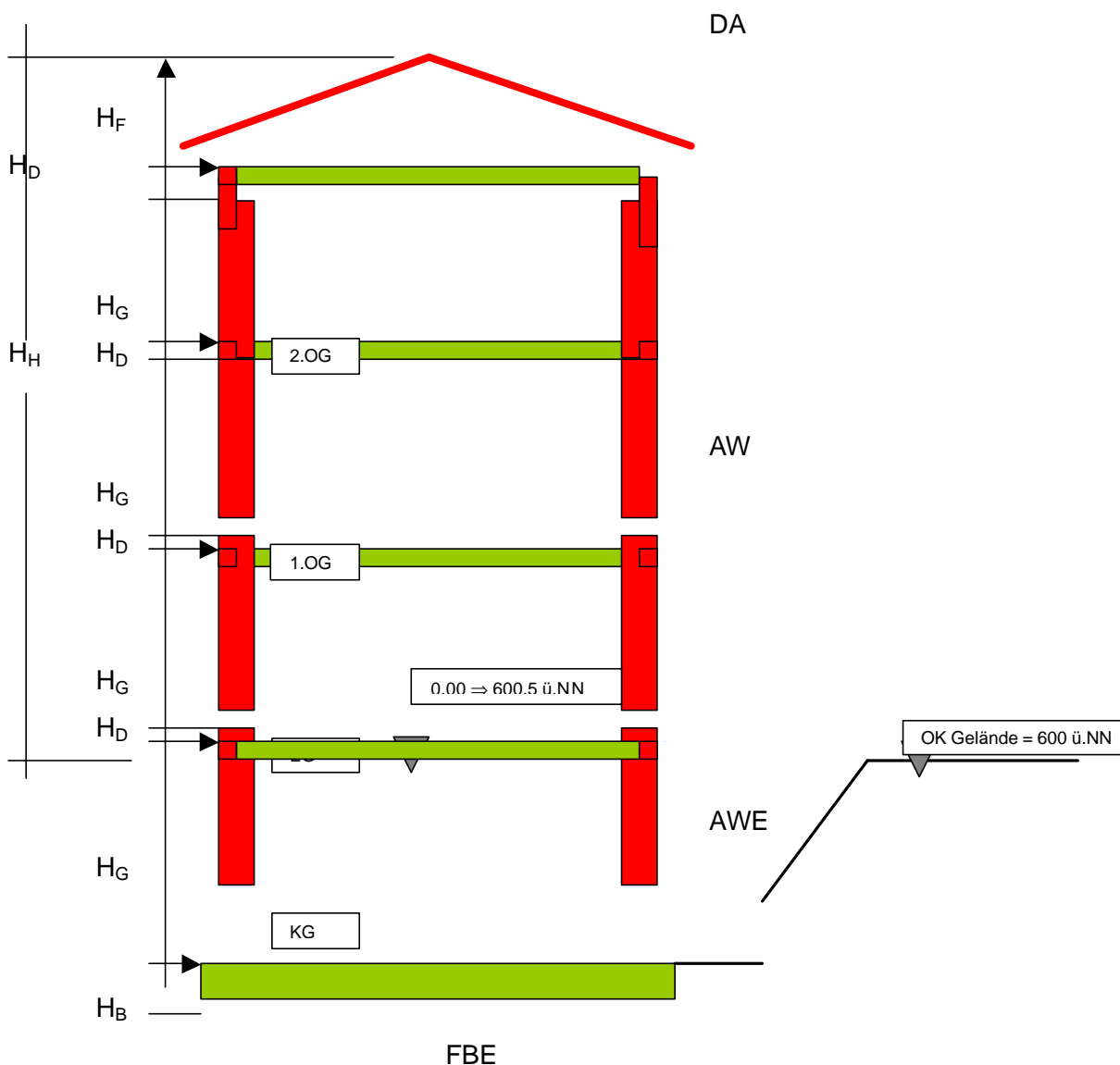
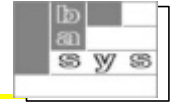


Abbildung 6-41: Bezeichnung der Bezugselemente

Die Höhenangaben bezüglich NN sind sehr wichtig, da über sie die genaue Positionierung des Bauwerks im Baugrund erfolgt. Desweiteren wird darüber  $H_H$ , die Gebäudehöhe ab OK Gelände, berechnet.



Der Berechnung des Gebäudevolumens liegt die Berechnung des Brutto-Rauminhaltes BRI zugrunde. Dieser wird folgendermaßen ermittelt :

$$BRI_{\text{gesamt}} = BGF_{\text{KG}} \cdot (H_G + H_B + H_D) + \sum BGF_i \cdot (H_{Gi} + H_{Di}) + BGF_{\text{DG}} \cdot H_F$$

mit  $H_G$  = lichte Geschosshöhe  
 $H_B$  = Höhe der Bodenplatte  
 $H_D$  = Deckenstärke  
 $H_F$  = Höhe bis First

Die BGF ist in jedem Geschoss auf dem Niveau des Rohfußbodens einzugeben (siehe Pfeilmarkierungen) und erhält als maßgebende Höhe die lichte Geschosshöhe, als obere Zusatzhöhe die Deckenstärke und im Kellergeschoss als untere Zusatzhöhe die Dicke der Bodenplatte. Im Dachgeschoss wird keine feste Höhe eingegeben, sondern auf *Höhe bis First* eingestellt.

Bei der Berechnung der Hüllflächen des Gebäudes wird generell zwischen erdreichberührten Bauteilen und über Flur liegenden Bauteilen unterschieden. Bei den erdreichberührten Bauteilen AWE und FBE wird keine Himmelsrichtung betrachtet. Bei allen anderen Teilen der Gebäudehülle, wird nach der Ausrichtung (Nord, Ost, Süd, West) unterschieden. Folgende vier Flächentypen werden berechnet : AW (Außenwandflächen), DA (Dachflächen), AT (Außentüren), FE (Fenster).

### 6.3.2 Raumbezogene Höhenangaben

Der Mengenermittlung des Innenausbaus liegen die Raumdefinitionen des Grundrisses zugrunde. Nachstehend werden zum besseren Verständnis der Zusammenhänge zwei schematische Raumschnitte erläutert.

Wichtig sind richtige Höhenangaben bei der Erzeugung eines Raumes. Fußbodendicke und Raumhöhe bestimmen letztendlich die Berechnung der den Raum umschließenden Wandoberflächen. In den folgenden Beispielen sind die Höhenparameter fett hervorgehoben, die aus einem Raum ermittelten Mengentypen sind umrahmt dargestellt.

Raum (schematischer Schnitt)

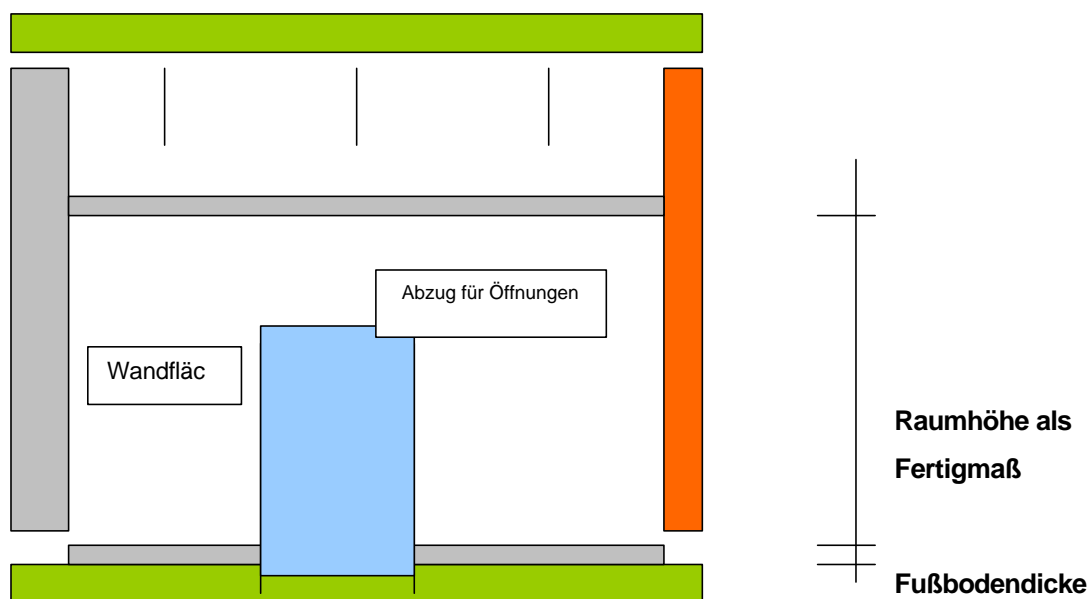


Abbildung 6-52: Bezeichnung der Bezugselemente

Die Raumhöhe wird stets von OK FFB bis UK Decke eingegeben. Wenn im Raum eine Decke abhängt, wird die Höhe nur bis UK abgehängte Decke eingegeben. Die Fußbodendicke sollte den gesamten Fußbodenaufbau (Dämmung, Estrich, Belag) umfassen. Öffnungen in Wänden, Fußböden und Decken werden als Abzugsflächen berechnet.

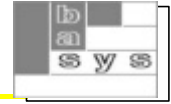
### 6.3.3 Berechnung der Nutzfläche

Die Nutzfläche für ein Gebäude wird nach DIN 277 berechnet. Dabei wird nach den folgenden Flächenarten unterschieden :

|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Hauptnutzfläche | HNF1...HNF6 |
| Nebennutzfläche | NNF         |
| Funktionsfläche | FF          |
| Verkehrsfläche  | VF          |

Diese werden unterteilt in die drei Bereiche

- Voll umschlossen und überdeckt,
- Teilweise umschlossen und überdeckt,
- Nicht überdeckt.



Im Wohnungsbau wird für die Grundflächenberechnung statt der DIN 277 oft die II.Berechnungsverordnung (II.BV) angewendet. In diesem Fall gilt für die Berechnung der Nutzfläche folgende Zuordnung :

|                     |        |
|---------------------|--------|
| W Wohnfläche        | = HNF1 |
| ZR Zubehörräume     | = NNF  |
| WR Wirtschaftsräume | = NNF  |
| GR Geschäftsräume   | = NNF  |
| SR sonstige         | = NNF  |

Die Nutzfläche berechnet sich wie folgt :

$$NF_{\text{gesamt}} = \sum HNF1_i + \sum HNF2_i + \sum HNF3_i + \sum HNF4_i + \sum HNF5_i + \sum HNF6_i + \sum NNF_i$$

### 6.3.4 Primäre Datenbankschlüssel in der PDB

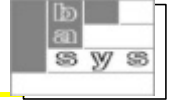
PDB's, die ab speedikon Version 5.5.18 erzeugt werden, enthalten neben den sirAdos-Labels zusätzlich noch die Primärschlüssel aus der sirAdos-Datenbank. Dies betrifft die Datensätze für Hüllflächen, Teilflächen und Elementmengen. Es wird ein Eintrag `Feinelement` mit der Einheit `dbID` erzeugt. Bei den DS 1003 und 1006 handelt es sich um Tupel, bei DS 1007 um einen einfachen Wert. In den nachstehenden Beispielen sind diese Einträge rot hervorgehoben.

#### Datensatz Huellflaeche (Beispiel) :

```
<34;1003;27
-6;label;Bauelement=3=-3;133626211;133144143;133575267;
-6;dbID;Feinelement=3=-1;1668;2393;902;
-2;qm;Flaeche=9.3922385509999003e+1
-1;Gebaeude;Gebaeude=0
-2;deg;Neigung=9e+1
-1;-;Nummer=1
-2;deg;Orientierung=0e+0
-2;-;Sonnenminderungsfaktor=1e+0
-2;m;Tiefe=0e+0
-3;text;Typ=AW
```

#### Datensatz Teilflaeche (Beispiel) :

```
<9;1006;5
-2;qm;Aussenflaeche=1.2697300343495256e+1
-6;label;Bauelement=3=-3;133626211;133144143;133575267;
```



```
-6;dbID;Feinelement=3=-1;1668;2393;902;  
-1;Gebaeude;Gebaeude=0  
-2;qm;Innenflaeche=1.2697300343495256e+1  
-2;deg;Neigung=9e+1  
-3;text;Nummer=AW.1.18.15  
-2;-;Sonnenminderungsfaktor=1e+0  
-3;text;Typ=AW
```

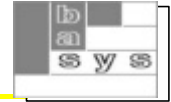
#### Datensatz Elementmenge (Beispiel) :

```
<31;1007;-1  
-3;label;Bauelement=133626211  
-1;dbID;Feinelement=1668  
-1;Gebaeude;Gebaeude=0  
-3;text;Kategorie=Neubau  
-2;kbm;Menge=1.1553750999999988e+1
```

### 6.3.5 Erläuterungen zur Berechnung der Elementmengen

Bei der Berechnung der Elementmengen für den Datensatz 1007 werden die verknüpften Grobelemente in ihre Feinelemente aufgelöst. Die Berechnung findet folgendermaßen statt :

1. Datenbankabfrage der Mengeneinheit anhand der Grobelement-ID
2. Überprüfung dieser ME mit der Mengeneinheit des berechneten speedikon-Elementes
3. Nur bei Übereinstimmung :
  - Iteration über die Feinelemente dieses Grobelementes
  - Nur die Feinelemente mit positivem Vorzeichen werden betrachtet
  - Datenbankabfrage der Mengeneinheit des Feinelementes
  - Datenbankabfrage des Anrechnungsfaktors des Feinelementes
  - Multiplikation der Grobelementmenge mit Anrechnungsfaktor
  - Protokollausgabe des Feinelement-Labels, der angerechneten Feinelement-Menge, der Feinelement-ME und des Anrechnungsfaktors



## 7 Elementkatalog - Mustergebäude

Der vorhandene sirAdos-Elementkatalog mußte um Basys-relevante Elemente erweitert werden. Hierfür wurde vom Projektpartner Architekturbüro Eble ein graphischer und semantischer Katalog geliefert, der die spezifischen Brettstapelelemente für sämtliche Bauteile des Gebäudes enthielt. Dieser Elementkatalog wurde mithilfe der Ausschreibungspositionen erfaßt und in die SirAdos-Elementstruktur eingepaßt.

### 7.1 Erweiterung des Elementekatalogs

Wie schon im ersten Teil ausführlich dargestellt besteht im Katalog eine Struktur unterschiedlicher Komplexität, welche der Arbeit des Architekten entspricht. Aus diesem Grunde wurde auch der BASYS-Elementkatalog sowohl in Form von Feinelementen angelegt, als auch in Grobelementen.

#### 7.1.1 Neubaulemente

Insgesamt mußten im Bereich der Baukonstruktion = Kostengruppe 300 ca 35 neue Positionen erstellt werden, ca 45 Feinelemente und ca 55 Grobelemente. Die neuen Positionen wurden mit Hilfe des Verbundpartners Merkle mit aktuellen Preisen ausgestattet. Dadurch erhalten auch die Fein- und Grobelemente aktuelle Preisangaben.

| BASYS                                       |                     |            |            |             |   |                |                   |   |
|---|---------------------|------------|------------|-------------|---|----------------|-------------------|---|
| Stand 02/01 Holger König/Lisa de Cristofaro |                     |            |            |             | neue Feinelemente   |                |                   |   |
|   |                     |            |            |             | neue Grobelemente   |                |                   |   |
|   |                     |            |            |             | neue Positionen   |                |                   |   |
| GROBELEMENT BASYS                           | FEINELEMENT SIRADOS | Abänderung | POSITION   | Bezeichnung | Hinweise  | NEUES POSITION | NEUES FEINELEMENT | NEUES GROBELEMENT   |
|   | 1 335 7 3211        | j          | 1016039310 |             | neues pos.: Spundschalung horizontal evtl. Als Alternativposition in selbes Feinelement | 1016039320     | 1 335 7 3211      |   |
|   |                     |            | 1016039610 |             | nicht wechseln  | 1016039610     |                   |   |
|   |                     |            | 1016039710 |             | nicht wechseln  | 1016039710     |                   |   |
|   |                     |            | 1016039730 |             | nicht wechseln  | 1016039730     |                   |   |
|   |                     |            | 1016090010 |             | nicht wechseln  | 1016090010     |                   |   |
|   |                     |            | 1016090030 |             | nicht wechseln  | 1016090030     |                   |   |
|   |                     |            | 1016090040 |             | nicht wechseln  | 1016090040     |                   |   |
|   |                     |            | 1034006010 |             | nicht wechseln  | 1034006010     |                   |   |
| DE01a 160 mm 1 350 4 2921                   | 1 353 2 6211        | n          |            |             |   |                | 1 353 2 6211      | DEK, Holz, Brettstapel sichtb. 160, Zementlos MF, Linoleum, Naturharzolanstrich |
| Brettstapel sichtbar, Estrich und Lino      | 1 351 4 7291        | j          |            |             | pos. einfügen: Trennlage/Rieselerschut z auf Brettstapel                                | 1016028020     | 1 351 4 7291      |   |
|   |                     |            | 1016024375 |             | nicht wechseln  | 1016024375     |                   |   |
|   |                     |            | 1016024380 |             | nicht wechseln  | 1016024380     |                   |   |
|   |                     |            | 1016024390 |             | nicht wechseln  | 1016024390     |                   |   |
|   | 1 352 1 3194        | j          | 1025120320 |             | wechseln  | 1025120300     | 1 352 1 3294      | DE schw. Estrich 25/30  |

Abbildung 7-1: Bearbeitung Elementkatalog Brettstapelelemente

## 7.1.2 Folgeelemente

Die Neubauelemente wurden in weiteren Arbeitsschritten so bearbeitet, daß sie von den LEGOE-Programmmodulen ausgewertet werden können. Dazu war es notwendig sowohl bauphysikalische als auch ökologische Daten mit den Positionen bzw. Elementen zu verknüpfen. Für die Beschreibung des Lebenszyklus sind zusätzliche Folgeelemente für die Nutzungsphasen „Reinigung“, „Wartung“ und „Instandsetzung „ zu erstellen und mit den Neubauelementen je nach Bedarf zu verbinden. Erst durch diese zusätzlichen Daten können Neubauelemente den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes beschreiben.

| Text   | Menge   | Einheit |              |
|--|---------|---------|--------------|
| <b>Außenwand</b>   |         |         | <b>82.55</b> |
| 330 AWK Holz-Brettstapel, sichtb., Fi, Dämmung, Zellul., 160mm, Schalung, NH-Lasur | 141,857 | m²      | 60.4         |
| Ins AW Zellulose 160...  | 0,022   | / Jahr  |              |
| Ins AW Naturharzölb...   | 0,070   | / Jahr  |              |
| Ins AW Spundschalu...  | 0,022   | / Jahr  |              |
| Ins AW Spundschalu...  | 0,125   | / Jahr  |              |
| Re AW-BKL, Anstrich ...  | 1,000   | / Jahr  |              |
| 334 AW Fenstertür Fi, 1-flügelig, 2,0-3,0 m², ohne Sprossen                        | 31,380  | m²      | 17.5         |
| Ins AW Fenstertür Fi, ...  | 0,025   | / Jahr  |              |
| Ins AW Fenstertür Fi, ...  | 0,040   | / Jahr  |              |
| Ins AW Fenstertür Fi, ...  | 0,100   | / Jahr  |              |
| Re AFE, Holz, Verglas...   | 2,000   | / Jahr  |              |
| Mf AFE Holz, 1-fl. Einf...   | 0,500   | / Jahr  |              |

Abbildung 7-2: Lebenszykluselemente gekoppelt mit Neubauelement

## 7.1.3 Elemente „Technischer Ausbau“

Für den Bereich Technischer Ausbau wurde vom Projektpartner Planungsbüro Solare Energiesysteme, aufbauend auf dem Stamm-Zweige-Katalog des Basysprojektes, eine Anzahl von notwendigen Elementen beschrieben. Diese wurden für den SirAdos-Katalog aufbereitet und in den Katalog integriert. Vor allem für den Bereich Wandheizungen, Mehrspartenhausanschlüsse und eingefrästen Sanitärleitungen wurden neue Positionen, Fein- und Grobelemente zusammengestellt.

| 1. Bornstedter Feld, Gebäudetyp A (Minimal-Standard) laut Leistungsbeschreibung vom 22.11.2001 mit Teil-Unterkellerung  |   |   |
|---|---|---|
| <p><i>Kursiv gedruckte Punkte</i> stehen u.E. noch zur Disposition um mit relativ „einfachen“ Maßnahmen den a Rechnung zu tragen (siehe Alternativen)</p>   |   |   |
| Stamm 1   | Stamm 2   | Zweige (Ausstattung, Alternativen, Optionen)  |
| <p><b>Haustechnik-Verteilung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Haustechnik-Übergabeschränk</li> <li>• Vertikale Mehrsparten Installationschächte (HLSE) mit Revisionsöffnungen, optional als vorgefertigte Einheit (z.B. Installationsregister oder Eigenentwicklung), angrenzende, übereinanderliegende Sanitärzellen (durchgängige Zonierung)</li> </ul> | <p><b>Heizung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nahwärmeconcept mit Sammelheizungs-Anlage auf Holz-Pellet-Basis und Übergabestation in den WE</li> </ul> | <p><b>Wärmeverteilung/-abgabe:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Plattenheizkörper mit Thermostatventilen (Verteilungs)</i></li> </ul> <p><b>Alternativen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wandheizfläche                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• wand-adaptiertes System (Vorteile für Reverse E</li> <li>• wand-integriertes System</li> <li>• optional Türheizfläche (Neuentwicklung)</li> </ul> </li> <li>• Hüllflächen-Temperierung (nach Grosse-Schmid</li> <li>• Heizleisten (nur auf Kundenwunsch)</li> <li>• Einzelraumregelung über zentrale Einheit (z.B. BUS-Nachrüstooption für Gebäudeautomation (z.B. Fenster</li> </ul> |

Abbildung 7-3: Stamm-Zweige-Katalog für Technischen Ausbau

## 7.2 Mustergebäude

Im Forschungsprojekt wurde ein Mustergebäude erstellt, an dem die Funktionen der Software und der Datenbanken getestet werden sollten.

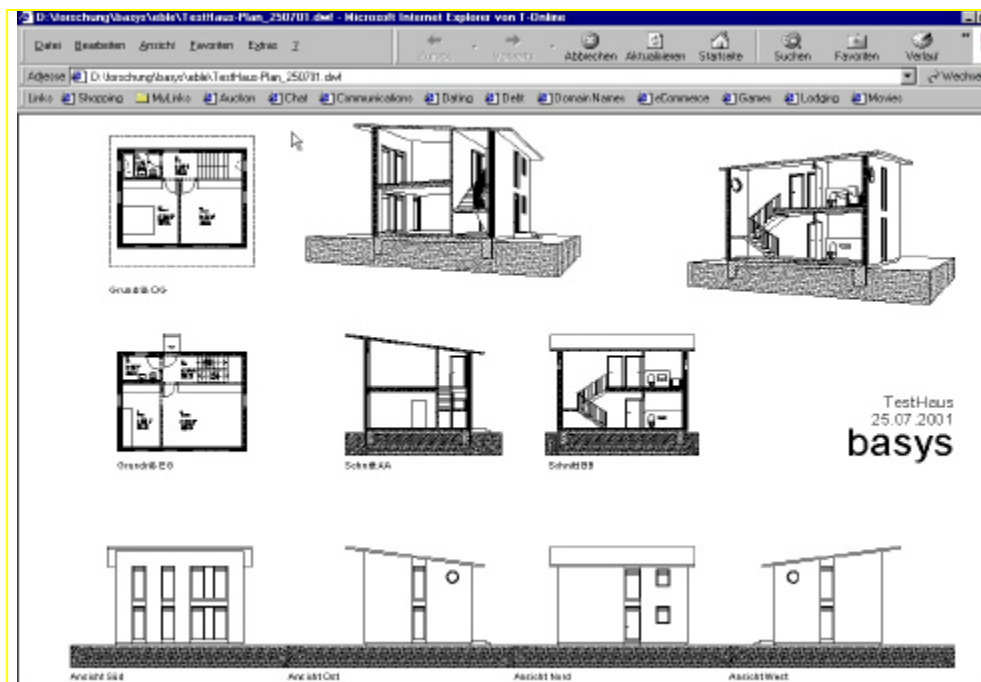
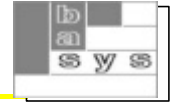


Abbildung 7-4: Mustergebäude Brettstapel

Der Mustergebäude beschreibt ein kleines Brettstapelgebäude, in dem alle wichtigen Bauteile und technischen Ausbauten vertreten sind. Dieser Musterwürfel wurde mit dem





CAD-Programm speedikon-A gezeichnet, mit dem SirAdos-Elemente-Katalog verknüpft und eine PDB-Datei erzeugt.

```
<1;2;-1
-3;name;module=CAD
-1;-;version.major=1
-1;-;version.minor=0
-3;time;version.buildtime=Oct 18
2001,17:26:27
-1;time;modificationdate=1008587056
>1
<2;1000;-1
-2;gC;Aussentemperatur=-1.2e+1
-3;text;Bauherr=
-6;Gebaeude;Gebaeude=1=-5;0;
-3;text;Gegend=Stuttgart
-2;qm;Gruenflaeche=2e+2
-2;qm;Grundstuecksflaeche=2.8e+2
-2;m;Grundwassertiefe=3.7e+2
-3;text;Kurzbezeichnung=basys
Testgeb\8dude
-3;text;Langbezeichnung=
-3;text;Liegenschaft=
-
2;mm;Niederschlagshoehe=7.187999999999999
5e+2
-3;text;Projektnummer=p:/9060-
basys/cad/testhaus/testhaus.spd
-2;qm;VersiegelteFlaeche=8e+1
-
```

Diese PDB-Datei enthält alle notwendigen Informationen des dreidimensionalen Gebäudemodells mit den Elementkatalogverknüpfungen. Diese wird in das LEGOE-Software – Programm eingelesen.

LEGOE wertet dann die erhaltenen Informationen mit den vier Folgeprogrammen aus:

- ? Baukosten
- ? Folgekosten
- ? Wärme und Energie
- ? Ökologie.

Abbildung 7-5: Ausschnitt aus einer PDB-Datei

Es wurden zwei Varianten für Probeläufe der Programmmodule zusammengestellt:

- ? Variante Standard mit Brennwertkessel und Warmwasser-Speicher
- ? Variante technische Öko-Komponenten mit Lüftung mit Wärmerückgewinnung, WW-Solarkollektoren, Regenwasserspeicher und Fotovoltaik.
- ? Variante mineralische Ausführung des Gebäudes.

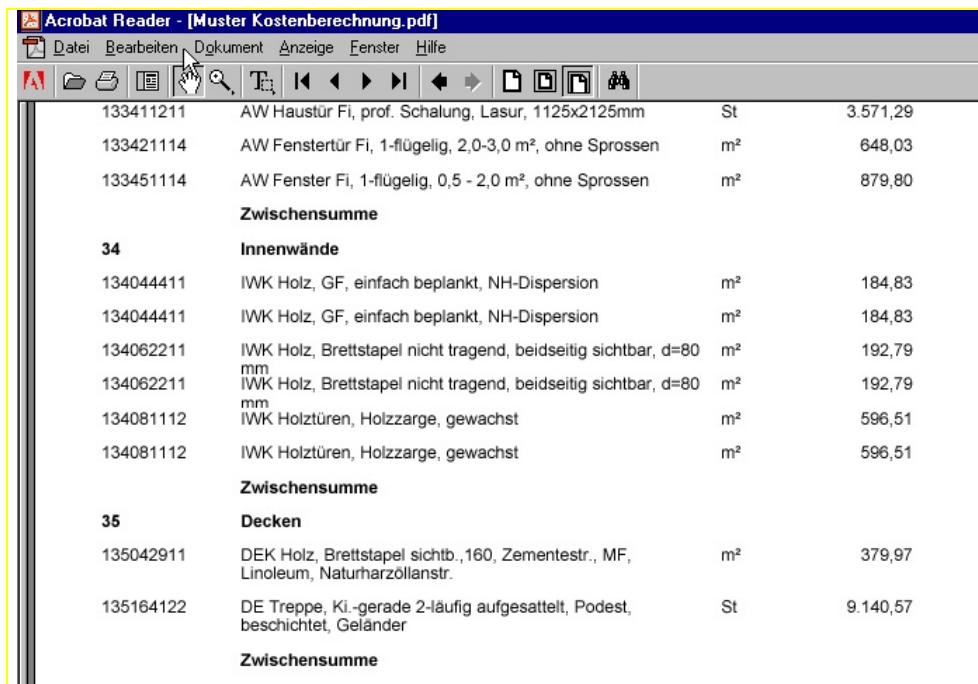
Die erzeugten Daten wurden auf Plausibilität durch Vergleiche mit bekannten Kennwerten im Bereich Kostenplanung und Energieverbrauch geprüft.

## 7.2.1 Dokumente Mustergebäude

Aus den ausgewerteten Informationen wurden dann entsprechende Informationspakete erzeugt. Diese Informationspakete können als PDF-Dateien ausgegeben werden und so auch über die Internetplattform allen Planungsbeteiligten zugänglich gemacht werden.

### 7.2.1.1 Neubaukosten

Die Neubaukosten werden vom Programm LEGOE-Kostenplanung auf der Basis der eingegebenen Elemente und der Massenangaben berechnet. Die Elementkosten werden ergänzt durch die Angabe sogenannter „sonstiger Kosten“. Damit können Kosten für das Gebäude erfaßt werden, für die keine Elemente in der Datenbank vorhanden sind. Die Druckvorlagen im Programm LEGOE-Kostenplanung erlauben die Auswertung dieser Angaben in mehrfacher Form:



| Item ID              | Description  | Unit | Cost     |
|----------------------|--|------|----------|
| 133411211            | AW Haustür Fi, prof. Schalung, Lasur, 1125x2125mm                                | St   | 3.571,29 |
| 133421114            | AW Fenstertür Fi, 1-flügelig, 2,0-3,0 m², ohne Sprossen                          | m²   | 648,03   |
| 133451114            | AW Fenster Fi, 1-flügelig, 0,5 - 2,0 m², ohne Sprossen                           | m²   | 879,80   |
| <b>Zwischensumme</b> |  |      |          |
| <b>34</b>            | <b>Innenwände</b>  |      |          |
| 134044411            | IWK Holz, GF, einfach beplankt, NH-Dispersion                                    | m²   | 184,83   |
| 134044411            | IWK Holz, GF, einfach beplankt, NH-Dispersion                                    | m²   | 184,83   |
| 134062211            | IWK Holz, Brettstapel nicht tragend, beidseitig sichtbar, d=80 mm                | m²   | 192,79   |
| 134062211            | IWK Holz, Brettstapel nicht tragend, beidseitig sichtbar, d=80 mm                | m²   | 192,79   |
| 134081112            | IWK Holztüren, Holzzarge, gewachst   | m²   | 596,51   |
| 134081112            | IWK Holztüren, Holzzarge, gewachst   | m²   | 596,51   |
| <b>Zwischensumme</b> |  |      |          |
| <b>35</b>            | <b>Decken</b>  |      |          |
| 135042911            | DEK Holz, Brettstapel sichtb., 160, Zementestr., MF, Linoleum, Naturharzölanstr. | m²   | 379,97   |
| 135164122            | DE Treppe, Kl.-gerade 2-läufig aufgesattelt, Podest, beschichtet, Geländer       | St   | 9.140,57 |
| <b>Zwischensumme</b> |  |      |          |

Abbildung 7-6: Auswertung als Baubeschreibung

- ? Auswertung nach einer frei gewählten Gliederung z.B. Baukonstruktion, Technischer Ausbau usw. . Diese Auswertung kann durch den Langtext der Elemente gleichzeitig als Baubeschreibung benutzt werden.
- ? Auswertung nach Kostengruppen der DIN 276. Durch die Gliederung bis zur dritten Stelle ist eine differenzierte Ausgabe der Kosten entsprechend der

Kostenplanung der HOAI möglich: Kostenschätzung, Kostenberechnung, Kostenanschlag.

? Auswertung nach Gewerken des Standardleistungsbuches ist möglich, da die Elemente in ihre Positionen aufgelöst werden können.

Die Baukosten für das Mustergebäude liegen mit 674 DM/ m3 umbauten Raum, bzw. 1.964 DM / m2 Bruttogrundfläche bzw. 2.592 DM/m2 Wohnfläche im üblichen Bereich für Gebäude ohne Unterkellerung. Das mineralische Gebäude liegt ca. 10 % unter der Holzbauweise bei reduzierter Wärmedämmung.

| Variante          | Gesamtbaukosten DM o.Mehrwertsteuer | Gesamtpreis DM/ m3 BRI | Gesamtpreis DM/m2 BGF | Gesamtpreis DM/m2 WF |
|-------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
| Variante Standard | 214.506                             | 637                    | 1858                  | 2451                 |
| Variante Ökokomp. | 226.757                             | 674                    | 1964                  | 2591                 |
| Variante Mineral  | 195.206                             | 580                    | 1691                  | 2230                 |

Abbildung 7-7: Baukosten Mustergebäude Basys

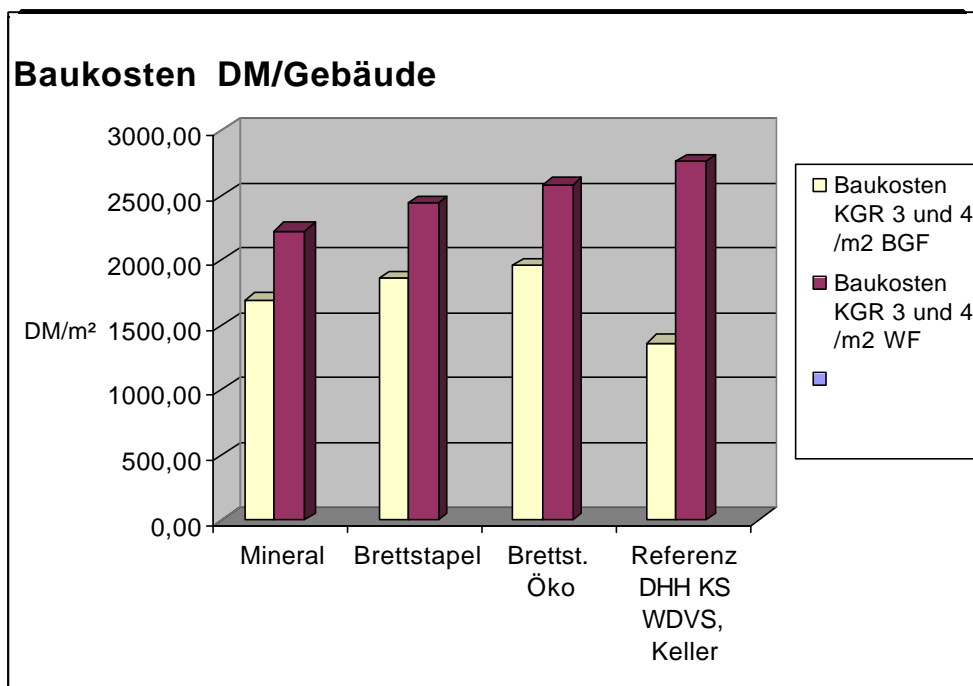
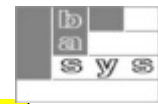


Abbildung 7-8: Baukosten Mustergebäude Basys



### 7.2.1.2 Folgekosten

Die Auswertung der Gebäudeelemente für die Folgekosten in Hinblick auf Reinigung, Wartung und Instandsetzung wurde mit dem Programmmodul LEGOE-Lebenszykluskosten durchgeführt.

|                | Summe         | / m <sup>2</sup> BGF | / m <sup>2</sup> NF | / m <sup>2</sup> HNF | / m <sup>2</sup> |
|----------------|---------------|----------------------|---------------------|----------------------|------------------|
| Neubau         | 226.757,69 DM | 1.964,97 DM          | 3.127,69 DM         | 3.127,69 DM          |                  |
| Betrieb        | 2.602,60 DM   | 22,55 DM             | 35,90 DM            | 35,90 DM             |                  |
| Reinigung      | 2.330,91 DM   | 20,20 DM             | 32,15 DM            | 32,15 DM             |                  |
| Wartung        | 952,48 DM     | 8,25 DM              | 13,14 DM            | 13,14 DM             |                  |
| Instandsetzung | 5.427,32 DM   | 47,03 DM             | 74,86 DM            | 74,86 DM             |                  |

Abbildung 7-9: Folgekosten Mustergebäude Öko-Variante

Die Angaben beziehen sich auf die in einem Jahr anfallenden Kosten. Die dokumentierten Werte sind plausibel. Die höheren Werte im Bereich „Wartung“ sind auf den Einbau von Rolläden in allen Fenstern zurückzuführen, im Bereich „Instandsetzung“ ist der höhere Aufwand durch die Holzfassaden verursacht. Die Aufstellung beinhaltet neben den baulichen Kosten auch die Betriebskosten, d.h. die Kosten für die Versorgung des Gebäudes mit Wärme, Warmwasser, Wasser und Strom. Diese Kosten werden von dem Programmmodul „Wärme und Energie“ berechnet. Die Variante „Mineral“ hat höhere Reinigungskosten durch Teppichböden.

| Gebäudetyp        | Reinigungskosten<br>DM/am <sup>2</sup> WF | Wartungskosten<br>DM/am <sup>2</sup> WF | Instandsetzungs-<br>kosten DM/am <sup>2</sup><br>WF | Summe DM/a m <sup>2</sup><br>WF |
|-------------------|---|---|---|---------------------------------|
| Variante Standard | 26,64                                     | 8,72                                    | 55,85   | 91,21                           |
| Variante Öko      | 26,64                                     | 10,89                                   | 62,03   | 99,56                           |
| Variante Mineral  | 37,44                                     | 8,82                                    | 41,90   | 88,16                           |

Abbildung 7-10: Folgekosten Varianten Mustergebäude Basys

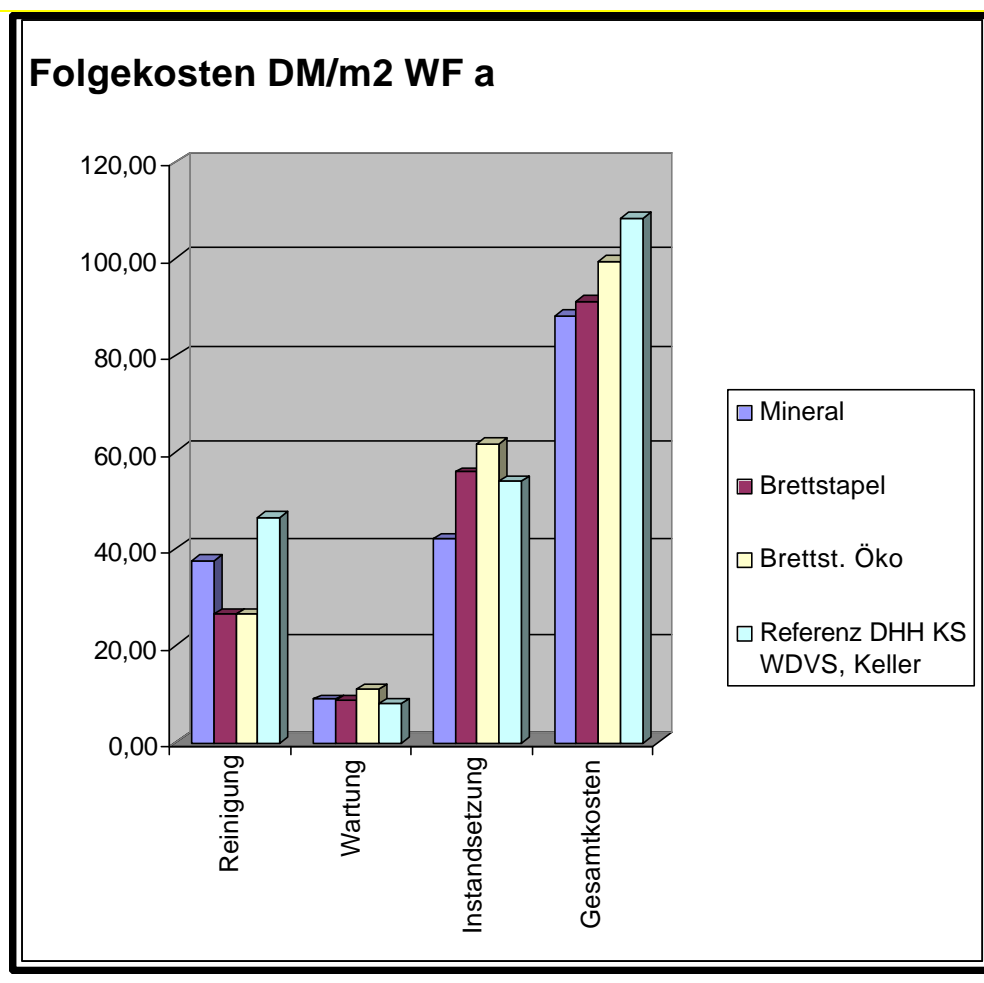


Abbildung 7-11: Vergleich Folgekosten mit Referenzhaus nach m<sup>2</sup> WF pro Jahr

### 7.2.1.3 Betriebskosten

Die Auswertung der Elementzusammenstellung mit besonderer Kennzeichnung der Hüllflächen in Hinblick auf den zu erwartenden Energiebedarf ist mit dem LEGOE-Programmmodul „Wärme und Energie“ ohne zusätzlichen Eingabeaufwand durchführbar. Das Wärme- und Energieprogramm dokumentiert:

- ? die Wärmeflüsse eines Gebäudes im Hinblick auf Wärmezufuhr und Wärmeverluste entsprechend den Berechnungsgrundlagen der Wärmeschutz-Verordnung von 1995.
- ? die für den Energiehaushalt des Gebäudes relevanten Bauteile, die die Berechnungsgrundlage für die WSVO darstellen,
- ? nach Nutzungsart und Belegungsdichte zusätzliche Verbräuche durch den Einsatz von elektrischen Strom
- ? nach Nutzungsart und Belegungsdichte den Wasserverbrauch

- ? die Möglichkeiten zur Einsparung externer Energiezulieferungen durch die Gewinnung von solarer Energie durch Sonnenkollektoren oder Photovoltaik Elemente
- ? der Ersatz von externen Wasserlieferungen durch den Einsatz von Regenwasseranlagen
- ? durch Verknüpfung mit den Kostenkennwerten der unterschiedlichen Energieträger die gebäudespezifischen Betriebskosten pro Jahr. Zusätzlich werden die Möglichkeiten staatlicher Förderung bei Netzeinspeisungen berücksichtigt.

Die Auswertung erfolgt sowohl grafisch als auch numerisch. Bei Bedarf kann auch ein Dokument erzeugt werden, das dem geforderten Wärmebedarfsausweis entspricht.

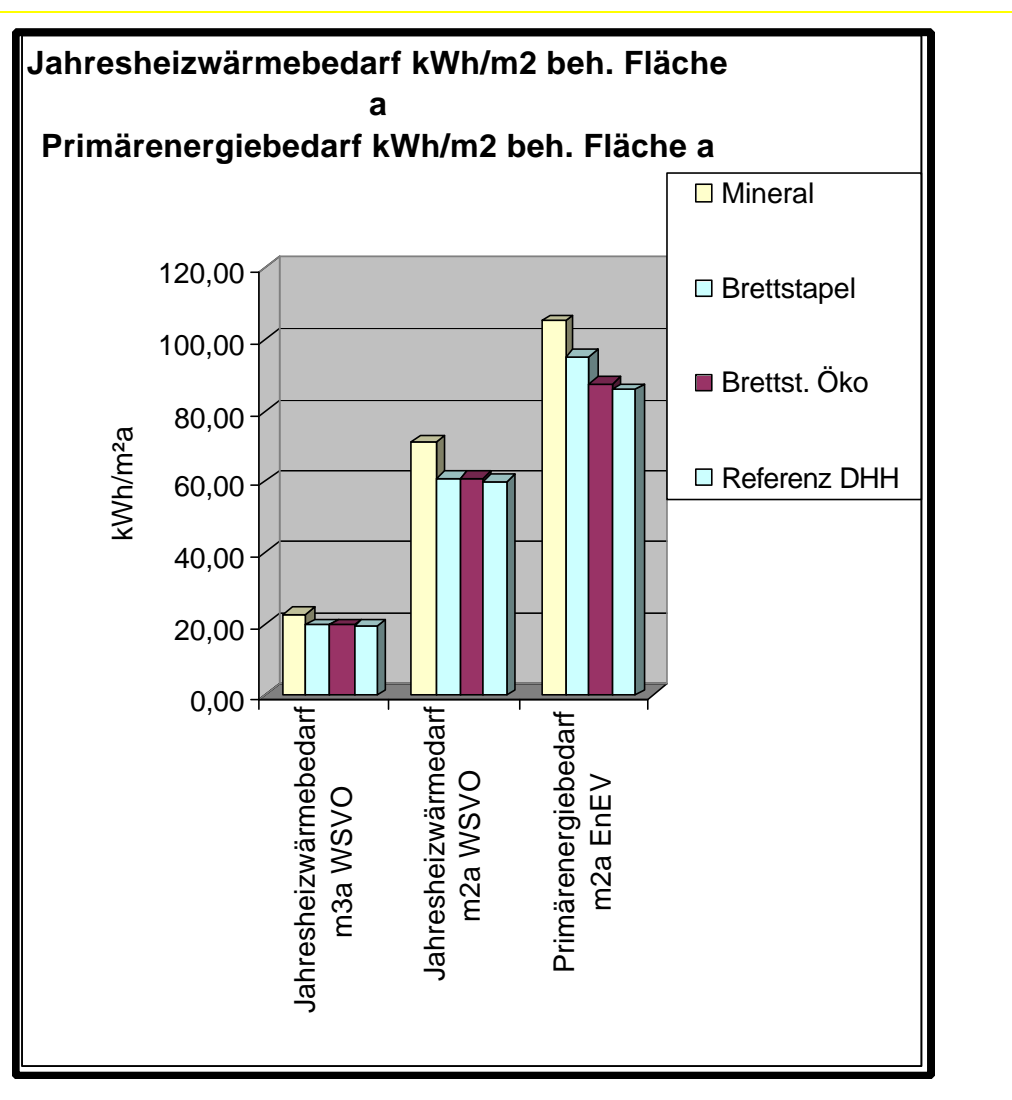
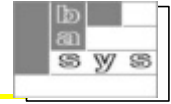


Abbildung 7-22: Jahresheizwärmebedarf der drei Varianten und des Referenzhauses



Das Mustergebäude unterschreitet mit 19,54 kWh/m<sup>3</sup> bzw. 61,05 kWh/m<sup>2</sup> den maximal zulässigen Wert der Wärmeschutzverordnung um ca. 30 % und es entspricht damit dem Niedrigenergiehausstandard. Die seit Anfang des Jahres 2002 gültige Energieeinsparverordnung (ENEV) ist mit ihren neuen Anforderungen und teilweise geänderten Rechenverfahren ebenfalls in das Berechnungsprogramm integriert und kann alternativ zur Anwendung kommen. Dabei müssen weitere Angaben zur wärmespezifischen Haustechnik des Gebäudes in den Eingabefeldern gemacht werden.

Die haustechnischen Anlagen sind entsprechend der EnEV mit den notwendigen Leistungsdaten verknüpft, so daß sie beliebig kombinierbar sind.

Die unterschiedlichen Rechenansätze führen besonders bei der Variante Ökokomponenten zu anderen Darstellungen.

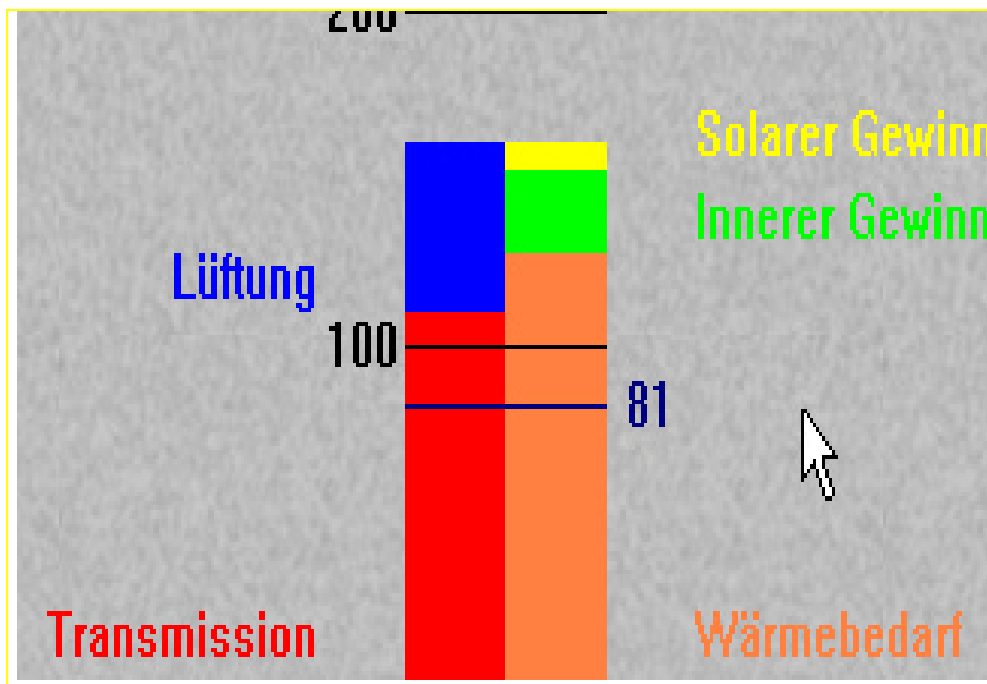
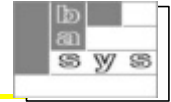


Abbildung 7-13: Grafischer Nachweis des Wärmebedarfs des Mustergebäudes

In der WSVO wird der Gewinn aus dem Einsatz einer Lüftungsanlage direkt dargestellt durch geringere Lüftungsverluste (Reduzierung von 6148 auf 4918 kWh. In der EnEV-Berechnung wird die Lüftungsanlage nur bei der Anlagenaufwandszahl berücksichtigt und reduziert die Anlagenverluste und den Primärenergiebedarf.

| Variante | Jahreswärmebedarf kWh/a | Jahresheizwärmebedarf | Anlagenkennziffer | Spez. Transmissionswärme | PEI Bedarf kWh/m <sup>2</sup> a |
|----------|-------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------------|
|----------|-------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------------|



|               |      | Fläche kWh/m2a |      | meverlust W/m2K |        |
|---------------|------|----------------|------|-----------------|--------|
| Standard WSVO | 6569 | 61,05          |      |                 |        |
| EnEV          | 5247 |                | 1,56 | 0,36            | 95,3   |
| Öko komp.WSVO | 6569 | 61,05          |      |                 |        |
| EnEV          | 5247 |                | 1,43 | 0,36            | 87,75  |
| Mineral WSVO  | 7649 | 71,08          |      |                 |        |
| EnEV          | 6190 |                | 1,50 | 0,41            | 105,03 |

Abbildung 7-14: Vergleich Berechnungsergebnis nach WSVO und ENEV

Die notwendige Berechnung der Anlagenaufwandszahl (primärenergiebezogen) nach DIN 4701-10 wird vom Programm entsprechend der Anlagenauswahl vorgenommen. Hier unterscheiden sich die drei Varianten erheblich und dieser Unterschied hat Auswirkungen auf den spezifischen Primärenergiebedarf (kWh/m2a).

Das Ergebnis wird ebenfalls grafisch als auch numerisch angezeigt. Bei Bedarf kann auch ein Dokument erzeugt werden, das dem geforderten Nachweis der Anforderungen der ENEV 2002 entspricht.

**Nachweis der Anforderungen nach Energieeinsparverordnung 2002**  
Gebäude mit normalen Innentemperaturen

**1. Allgemeine Angaben**

Projekt: Musterhaus Forschungsprojekt BASYS

Wärmeübertragende Umfassungsfäche A = 290,82 m<sup>2</sup>  
 Beheiztes Bauwerksvolumen V = 336 m<sup>3</sup>  
 Gebäudenutzfläche AN = 0,32 m<sup>2</sup>  
 Verhältnis A/V = 0,86 1/m

**2. Transmissionswärmeverlust Q<sub>T</sub>**

| Bauteil          | Orientierung | Fläche     | g-Wert | Wärme durchgangskoeffizient | Reduktionsfaktor | η <sub>T</sub> * A <sub>T</sub> * C <sub>TD</sub> |
|------------------|--------------|------------|--------|-----------------------------|------------------|---|
| Außenwand Norden |              | 0 37 290   |        | 0,204                       | 1,0              | 593   |
| Außenwand Osten  |              | 90 35 770  |        | 0,204                       | 1,0              | 573   |
| Außenwand Süden  |              | 180 33 290 |        | 0,204                       | 1,0              | 533   |
| Außenwand Westen |              | 270 35 770 |        | 0,204                       | 1,0              | 573   |
| Dach             |              | 0 59 780   |        | 0,226                       | 0,8              | 848   |
| Eingangstüre     |              | 0 2 300    |        | 0,782                       | 1,0              | 154   |

Abbildung 7-15: Dokument nach der ENEV 2002

Außer dem geforderten Nachweis nach EnEV 2002 ermöglicht das Programmmodul auch Berechnungen des sonstigen Medienverbrauchs im Gebäude pro Jahr bezogen auf die Nutzeranzahl.



Der Bedarf an den verschiedenen Medien (Brauchwasser, Warmwasser, elektrischer Strom) für die unterschiedlichen Nutzungen (Wohnen, Verwaltung) wurde verschiedenen Literaturquellen entnommen (IÖR Texte 103, VDI 3807, LEE des IWU, Pistohl, Handbuch der Gebäudetechnik, SIA 380/4). Die Berechnung des Energieverbrauchs beruht auf diesen statistischen Angaben. Die Bandbreite der Angaben in diesen Quellen wird insofern berücksichtigt, als der Anwender niedrigen, normalen oder hohen Verbrauch auswählen kann. Die Wahl des Verbrauchs hat keinen Einfluß auf die Elementauswahl bzw. umgekehrt.

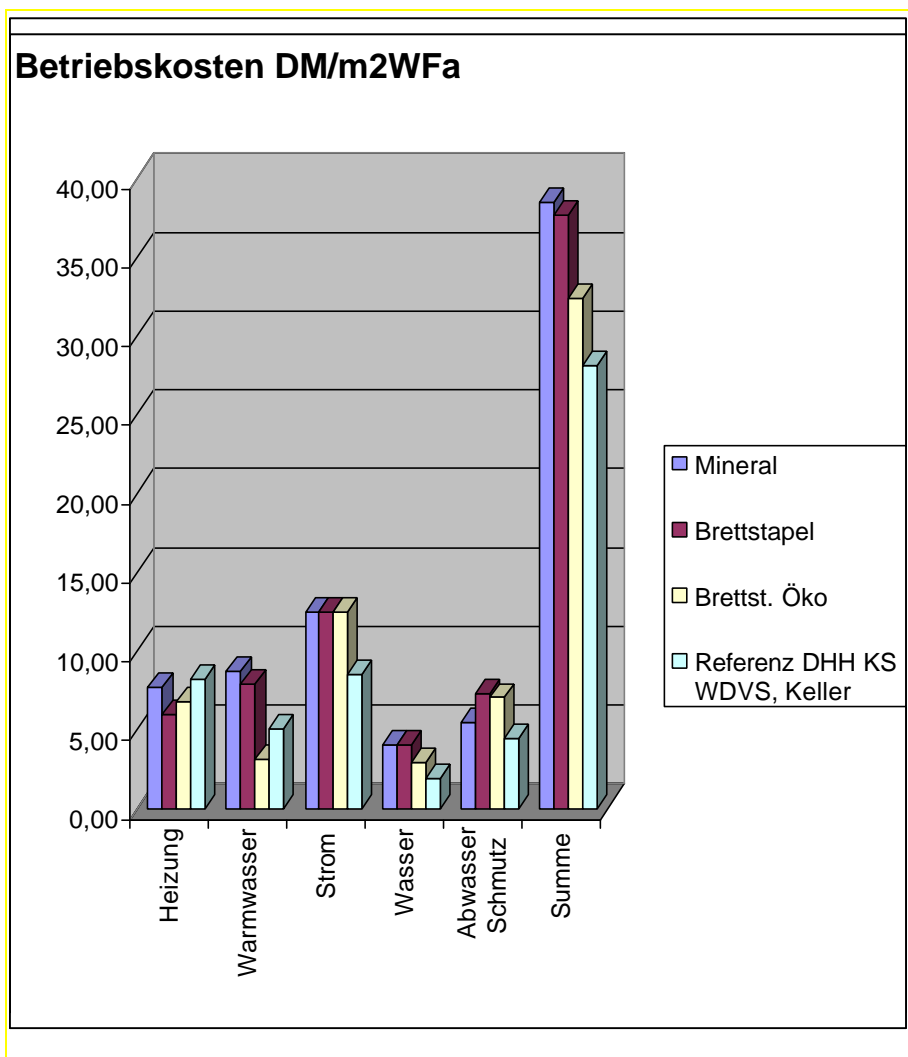
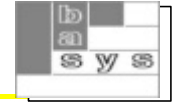


Abbildung 7-16: Betriebskostenvergleich

#### 7.2.1.4 Substitution durch ökologische Maßnahmen

Durch die Auswahl von umweltbezogenen aktiven Haustechnikkomponenten (z.B. Solarkollektor, Regenwassersammelanlage usw.) kann der Anwender den Energieverbrauch



entscheidend beeinflussen. Werden die Elemente in einem Projekt eingesetzt, werden sie in ihrer besonderen Funktion vom Programm erkannt und die regenerative Energie ersetzt die sonst eingesetzten Energieträger. Voraussetzung für den Einsatz von Solarkollektoren und Photovoltaik sind Angaben im Stammdatenblatt "Wärme" zu der verfügbaren Fläche auf dem Dach. Für die Regenwassernutzung muß die Größe der verfügbaren Sammelfläche angegeben werden. Für das Musterhaus wurden in einer Substitutionsversion beispielhaft eine Solaranlage zur Warmwasserbereitung und eine Regenwasseranlage für das Brauchwasser eingebaut.

Auf der Basis dieser statistischen Grundlagen ergeben sich für den Drei-Personenhaushalt im Mustergebäude folgende Verbrauchsziffern:

| Medien              | Verbrauch absolut ohne Substitution | Verbrauch nach Kosten (DM) | Verbrauch absolut mit Substitution | Verbrauch nach Kosten (DM) |
|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Wasser              | 141 m <sup>3</sup>                  | 352,90                     | 103 m <sup>3</sup>                 | 258,41                     |
| Abwasser            | 141 m <sup>3</sup>                  | 635,50                     | 136 m <sup>3</sup>                 | 615,71                     |
| Niederschlagswasser | 53 m <sup>3</sup>                   | 93,42                      | 20 m <sup>3</sup>                  | 34,87                      |
| Strom               | 3765 kWh                            | 1091,85                    | 2635 kWh                           | 763,87                     |
| Warmwasser (Gas)    | 338 m <sup>3</sup>                  | 333,41                     | 176 m <sup>3</sup>                 | 194,14                     |
| Heizung (Gas)       | 638 m <sup>3</sup>                  | 638,09                     | 551 m <sup>3</sup>                 | 605,28                     |
| <b>Summe</b>        |                                     | <b>3145,17</b>             |                                    | <b>2.472,28</b>            |

Abbildung 7-37: Medienbedarf für Mustergebäude

Die Einsparungen ergeben sich aus einem geringeren Verbrauch an Wasser, geringerer Menge an Gas für die Warmwasserbereitstellung, einer geringeren Menge an Niederschlagswasser und Einsparung durch Stromeinspeisung ins öffentliche Netz und der erhaltenen Vergütung. Die Einsparungen betragen pro Jahr 672,89 DM, bzw. 21,3 % Anteil an den gesamten Medienkosten der Standardvariante oder 26 % niedriger als die Variante „Mineral“.

Bei diesen Einsparungen, die sowohl die Verbrauchskosten als auch die ökologischen Belastungen reduzieren, ist zu berücksichtigen, daß entsprechende Aufwendung sowohl für die Erstellung der Anlagen, als auch die Wartung und die Instandsetzung hinzugerechnet werden müssen. Die dazu notwendigen Berechnungen sind nur mit aufwendigen Amortisationsrechnungen korrekt durchführbar. Mangels benötigter Informationen über Wartungsaufwand, Lebensdauer der Anlagen, Instandsetzungszyklen usw. unterbleiben diese Nachweise im Regelfall. Das Programmmodul LEGOE-Wärme und Energie führt diese Berechnungen auf der Basis der Lebenszykluselemente und der pekuniären Einsparungspotentiale für die technischen Öko-Komponenten durch.

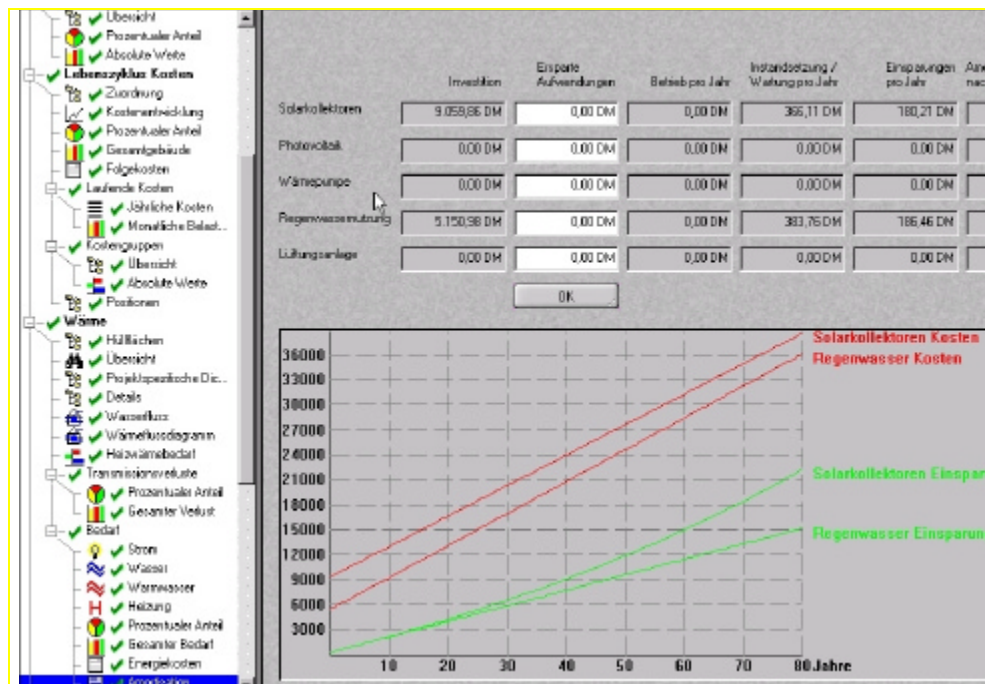


Abbildung 7-18: Amortisationsnachweis für ökologische Haustechnikkomponenten

Die Berechnung zeigt auf, daß unter den zugrundegelegten Energiepreisen, Wartungsmaßnahmen und Instandsetzungszyklen eine Amortisation der Anlagen nicht gegeben ist. Direkte Zuschüsse, Energiepreissteigerungen und verlängerte Lebenszyklen für die Anlagen könnten die Amortisation günstiger gestalten. Unter der Annahme von 1% Energiepreissteigerung pro Jahr wird die Fotovoltaikanlage nach ca. 40 Jahren rentabel. Für die Solaranlage müßte der Energiepreis jährlich um 5% steigen, damit ein ähnlicher Wert erreicht wird.

### 7.2.1.5 Ökologie

Mit dem Programmmodul LEGOE-Ökologie können Berechnungen in Hinblick auf die ökologischen Folgen durchgeführt werden, die sowohl durch die Erstellung des Gebäudes, als auch durch den gesamten Aufwand für das Gebäude während der Nutzungsphase auftreten. Die Dauer der Nutzungsphase kann beliebig festgelegt werden. Im vorliegenden Modell wurde eine 80-jährige Nutzungsphase zugrundegelegt.

Da bisher in Deutschland keine Programme existieren, die auf der Basis von Gebäudeelementen und damit verknüpften Folgeelementen die Umwelteinträge und daraus resultierenden Umweltbelastungen berechnen und dokumentieren, betreten die Planer einen Bereich, für den nur wenige Erfahrungs- oder Orientierungswerte vorliegen. Dies bedeutet, daß die gewonnenen Information sorgfältig geprüft werden müssen und bewertende

Aussagen über Gebäudequalitäten mit der gebotenen Vorsicht formuliert und präsentiert werden sollten.

Dokumentiert werden :

- ? die gesamten Stoffströme die Erstellung des Gebäudes
- ? die gesamten Stoffströme für die Lebenszyklusphasen Betrieb, Instandsetzung und Rückbau
- ? die Wirkungsbilanzen für die Lebenszyklusphasen Betrieb und Instandsetzung.

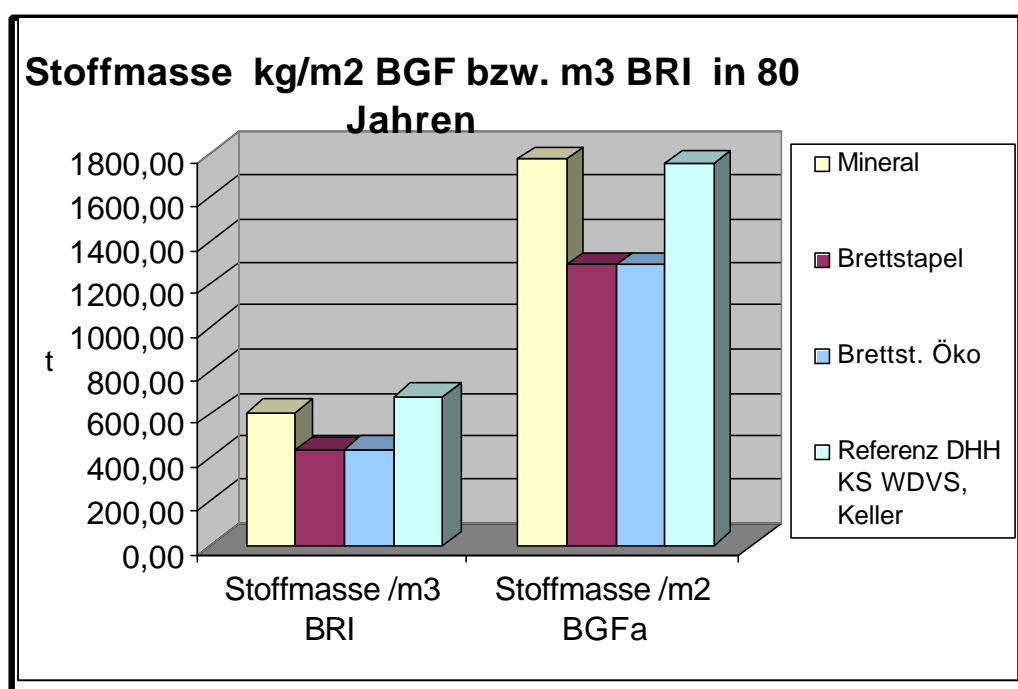
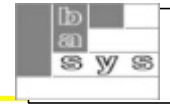


Abbildung 7-49: Stoffmasse der Gebäude im Vergleich

Die Gebäude in mineralischer Bauweise weisen trotz unterschiedlicher Größe annähernd gleiche Stoffmasse pro Bruttogrundfläche aus. Die Brettstapelgebäude sind um ca. 22% leichter.

Von den Wirkungskategorien werden dargestellt:

- ? Treibhauspotential in kg CO<sup>2</sup> äquivalent.
- ? Versauerungspotential in kg SO<sup>2</sup> äquivalent
- ? Erneuerbare Primärenergie (PE) in MJ



- ? Nicht erneuerbare Primärenergie (PE) in MJ
- ? Ozonschichtabbaupotential (ODP) in kg CFC 11 äquivalent
- ? Sommersmogpotential in kg Ethen äquivalent
- ? Abiotischer Ressourcenverbrauch in kg Sb äquivalent

Die Varianten Standard, Mineral und technische Ökocomponenten unterscheiden sich im wesentlichen durch den Betrieb der Gebäude, da die beiden Öko-Haustechnikmodule in der Herstellung und im Unterhalt nur geringen Einfluß auf die Gesamtstoffmasse und die Wirkungsbilanzen haben.

| Variante      | Stoffmasse to | kg CO2 equiv. | kg SO2 equiv | MJ PEI erneuerb. | MJ PEI nicht erneuerbar |
|---------------|---------------|---------------|--------------|------------------|-------------------------|
| Standard      | 148,4         | 32562         | 279          | 51986            | 586876                  |
| Ökocomponente | 148,7         | 38068         | 323          | 59096            | 696785                  |
| Mineral       | 205,1         | 52796         | 357          | 53204            | 791267                  |

Abbildung 7-20: Öko-daten Mustergebäude ohne Betrieb 80 Jahre Nutzungsdauer

Wird nur die Gebäudesubstanz über 80 Jahre verglichen wird der erhöhte Aufwand für die Erneuerung der zusätzlichen haustechnischen Anlagen bei der Variante mit technischen Ökocomponenten deutlich, z.B. CO2 equiv. + 5506 bzw. 17 %. Die mineralische Variante ist bereits in der Stoffmasse um 57 Tonnen schwerer, was sich auch bei erhöhtem Input des CO2-Äquivalent und des nicht erneuerbaren Primärenergieaufwandes widerspiegelt.

| Variante | Stoffmasse to | kg CO2 equiv. | kg SO2 equiv | MJ PEI erneuerb. | MJ PEI nicht erneuerbar |
|----------|---------------|---------------|--------------|------------------|-------------------------|
| Standard | 148,4         | 302749        | 1719         | 154883           | 9025695                 |
| Öko      | 148,7         | 291264        | 1694         | 161237           | 7280931                 |
| Mineral  | 205,1         | 317724        | 1776         | 155867           | 8655930                 |

Abbildung 7-21: Öko-daten Mustergebäude mit Betrieb 80 Jahre Nutzungsdauer

Die Einsparungen durch die solare Erwärmung von Warmwasser reduziert aber den gesamten Einsatz von CO<sub>2</sub> um 8671 kg oder 2,7 %. Der nicht erneuerbare Primärenergiebedarf wird um 1.434,746 MJ bzw. 15 % vermindert. Im Gegensatz zur Kostenbilanz ist hier eine Amortisation erreichbar. Interessanterweise hat die Bezugsgröße BGF zu WF bei unterschiedlichen Gebäudegrößen einen erheblichen Einfluß auf die

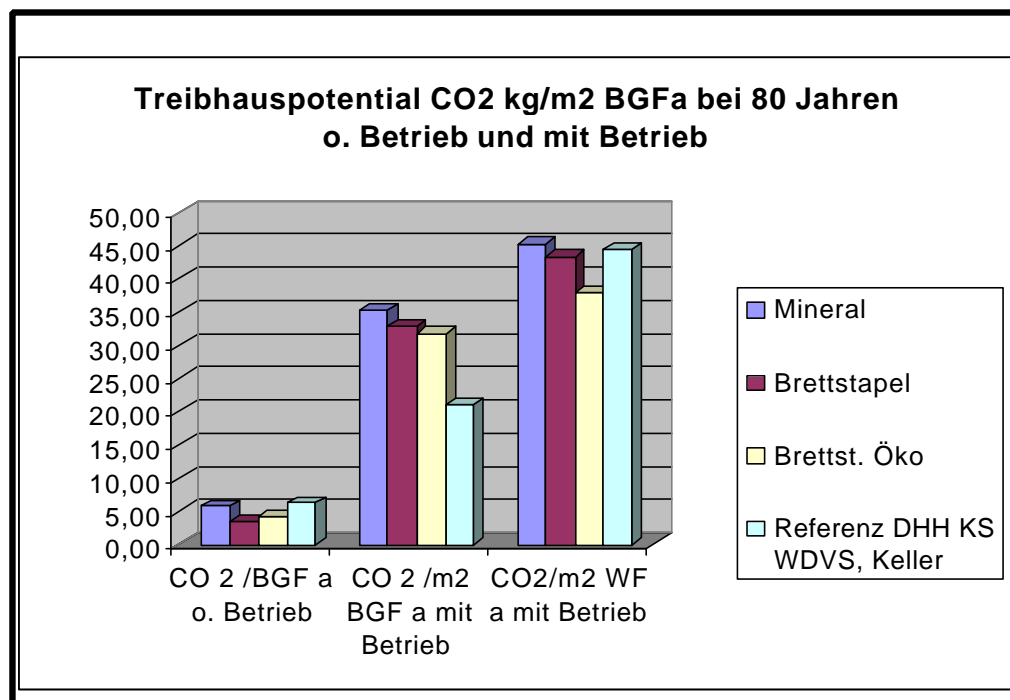


Abbildung 7-22: Wirkungskategorie CO<sub>2</sub> der Gebäude im Vergleich

Reihenfolge. Die DHH schneidet bei einer Auswertung nach BGF erheblich vorteilhafter als bei einer Auswertung nach WF.

#### 7.2.1.6 Ergebnis der Prüfung des Mustergebäude

Die Anwendung der LEGOE-Programmfunktionen auf das Basys-Mustergebäude hat fehlerfreie Abläufe nachgewiesen. Die durchgeführten Auswertungen haben in allen Programmmodulen plausible Ergebnisse geliefert. Alle notwendigen Funktionen einer integralen Programmlösung wurden mit den LEGOE-Programmmodulen durchgeführt.

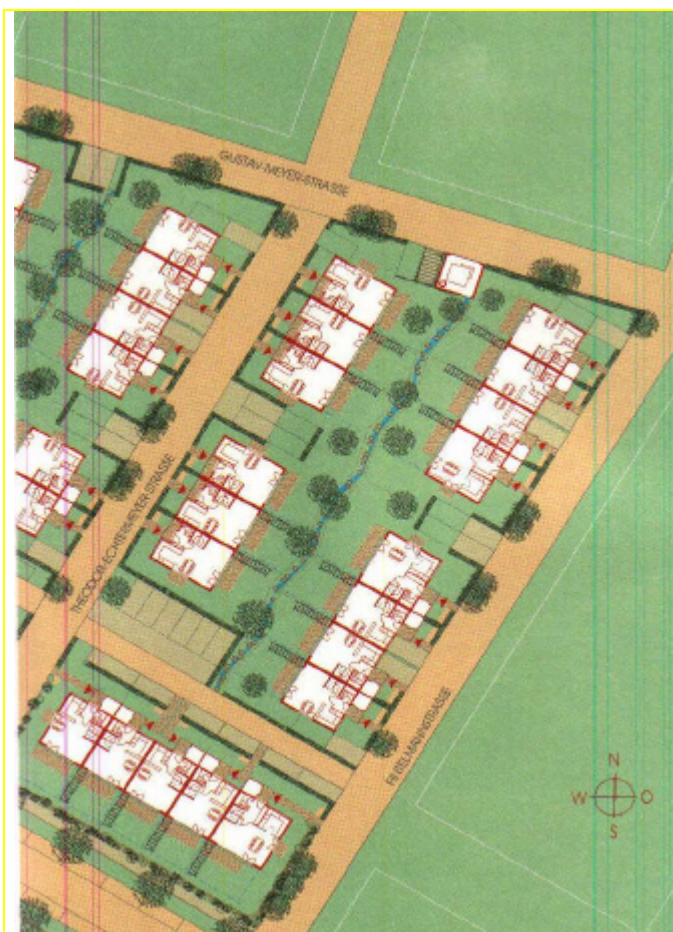
Als nächster Anwendungsschritt wurde das von den Projektpartnern geplante und realisierte Wohnungsbauprojekt „Bornstedter Feld in Berlin – Potsdam mit dem LEGOE-Programm eingegeben und ausgewertet.

## 8 Wohnanlage Bornstedter Feld

In Berlin-Potsdam plante das Architekturbüro Brenne-Eble die Wohnsiedlung Bornstedter Feld im Auftrag der Gesellschaft für Stadterneuerung GSW. In zwei Bauabschnitten sollen ca. 75 Reihenhäuser entstehen. Die Planung des ersten Bauabschnittes wurde von den Projektteilnehmern begleitet und durch den Austausch zwischen Forschungs- und Realisierungsprozess konnten für die beteiligten Planer und Ausführenden wesentliche Impulse für die Bearbeitung gewonnen werden.

### 8.1.1 Baugebiet

Zehn Minuten vom Stadtzentrum Potsdam entfernt am Rande des BUGA-Geländes, den ehemaligen Panzerwiesen liegt das Baugebiet..



Die geplante Siedlung sollte als Modellprojekt für ökologisches Bauen realisiert werden. Modellhaft ist die Bauweise. Mittels des Brettstapelsystems wird ein ökologisches Massiv-Holzhaus realisiert. Lehmputzwände, Linoleumfußbodenbeläge und Naturfarben komplettieren die Auswahl natürlicher Materialien. Modellhaft ist auch die Beheizung der Siedlung mit einer zentralen Holz-Pellet-Heizzentrale. Dadurch wird die notwendige Heizenergie CO<sub>2</sub>-neutral erzeugt. Die Siedlung gliedert sich in zwei Bauabschnitte, deren südöstlicher Abschnitt mit 19 Wohneinheiten in den Jahren 2001 – 2002 realisiert wurde.

Abbildung. 8-1: Isometrie Bornstedter Feld von Süden

Die Bebauung ist als Reihenhauseanlage in fünf Gruppen geplant. Die Gebäude sind für vier Baugruppen in Ost-West-Richtung ausgerichtet, für den südlichen Gebäuderiegel ist eine Nord-Südrichtung vorgesehen.

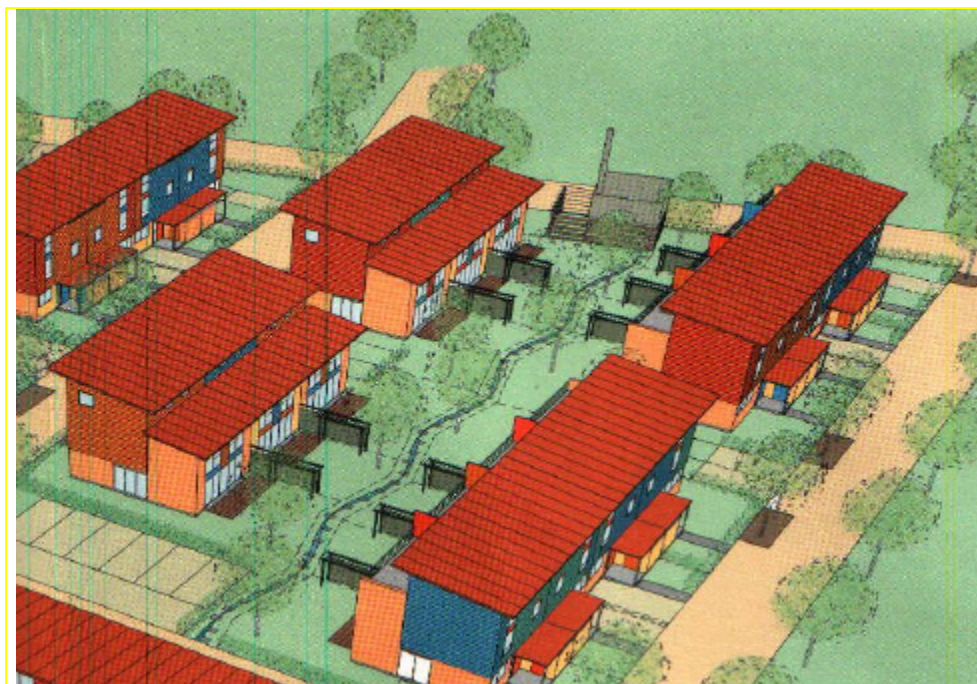


Abbildung 8-2: Isometrie Bornstedter Feld von Süden



Abbildung 8-3: Schnitt durch den zweigeschossigen Reihhaustyp A 2



Zwischen den Hausgruppen ist ein verkehrsberuhigter Bereich vorgesehen, in dessen Mitte die Rigole für die offene Entwässerung des Regenwassers angelegt wird. Am nördlichen Ende befindet sich die Heizzentrale der Siedlung. Die Isometrie zeigt die Orientierung auf den zentralen Grünzug in der Mitte und die Erschließung der Gebäude von den Außenseiten bzw. für den Südriegel von Norden her. Grundsätzlich stehen zwei Haustypen zur Auswahl, der eine mit Kellerersatzraum und Dachterrasse (Typ A1 und A2), der andere mit Teilunterkellerung und ohne Dachterrasse (Typ B). Bei zwei Häusern (Doppelhaus Typ A) gibt es sowohl Keller als auch Dachterrasse. Es handelt sich um Niedrigenergiehäuser im Sinne der WSVO 95 (20% Unterschreitung). Es soll auch geprüft werden, inwieweit die Gebäude auch die neue EnEV 2002 erfüllen bzw. unterschreiten.

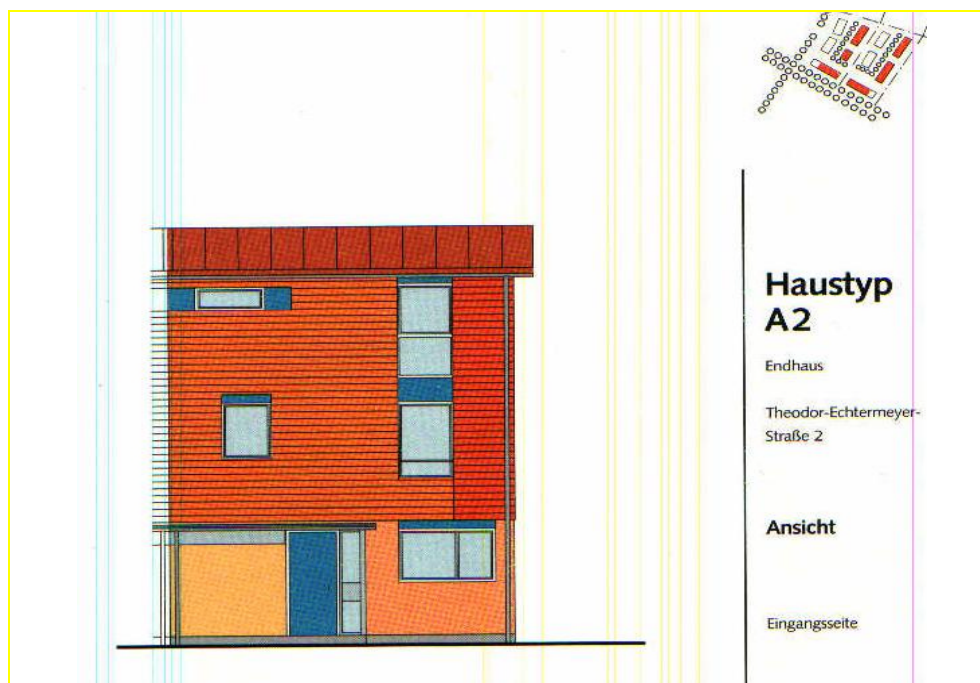


Abbildung 8-4: Haustyp A 2 Ansicht

Die Hausbreiten sind mit 6,40 m und 7,90 m bei einer Tiefe von 8,00 m bzw. 9,25 m überdurchschnittlich breit und bieten gute Grundrisse bei hervorragender Tagesbeleuchtung. Tragendes Element der Holzhäuser sind Brettstapelelemente aus 8 cm bzw. 20 cm starken Brettstapelelementen, die im Wand- und Deckenbereich weitgehend sichtbar bleiben. Zum Teil werden sie im Bereich von Gebäudetrennwänden zusätzlich mit Gipsplatten verkleidet oder bei der Wandflächenheizung der Ökovariante mit Lehm verputzt. Außenseitig werden die Wände mit 15 mm starken Holzwerkstoffplatten verkleidet. Darauf wird eine Dämmung aus 15 cm Mineralwolle aufgebracht, die im EG teilweise mit einem mineralischen Putz beschichtet, teilweise (OG) mit einer farbigen Holzschalung verkleidet wird.

Die Pultdächer sind mit 20 cm Zellulose gedämmt. Oberseitig sind sie mit einer hinterlüfteten Zementfaserwellplatte gedeckt.

Die Nahwärmeversorgung geschieht durch eine zentrale Holzpellet-Anlage, die durch einen Energiecontractor betrieben wird. Die Hausbesitzer müssen statt einer kompletten Heizanlage nur einen Baukostenzuschuß bezahlen, im Haus selbst ist nur die Übergabestation mit dem Wärmemengenzähler installiert.

Die Lüftung der Gebäude wird durch ein individuell regelbares, kontrolliertes Frischluftsystem ohne Wärmerückgewinnung sichergestellt.

### 8.1.2 Kostenplanung – Herstellungs- und Folgekosten

Die Siedlung wurde mit einem Generalunternehmer abgewickelt, der aber ein Großteil der gesamten Bauleistung durch den Projektpartner Merkle GmbH erbringen ließ. Dadurch ist ein Vergleich der Kostenplanung nach LEGOE mit den realen Baukosten möglich. Den

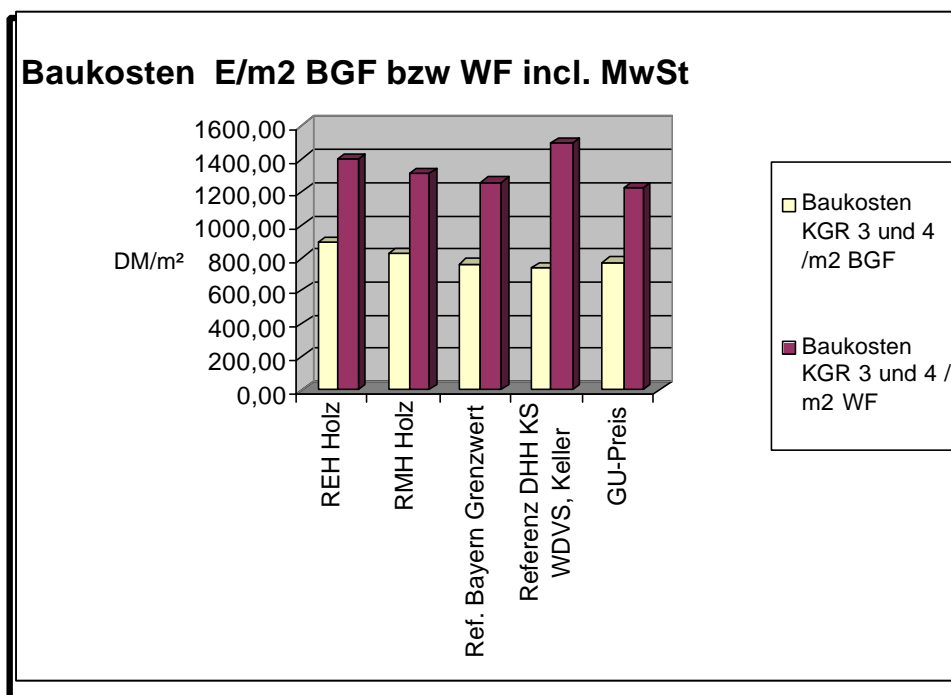


Abbildung . 8-5: Variantenvergleich Kosten bei untersch. Typ und unterschiedl. Heizung

realen Baukosten für die Kostengruppe 3 und 4 wurden eine Gruppe von acht Endhäusern und vier Mittelhäuser zugrundegelegt, um leichte Varianten bei der Ausführung zu eliminieren. Der vom GU abgegebene Festpreis pro m<sup>2</sup> WF liegt um 6 – 12 % unter den von LEGOE errechneten Baukosten KGR 3 und 4 incl. MWSt., auf der Basis einer Mittelpreisauswertung der Sirados-Baudaten Ausgabe 1/2002. Nach Auskunft der beteiligten Unternehmer haben diese an dem Projekt nur geringe Profite realisiert, einige eher Verlust

gemacht. Der Mittelpreis der LEGOE-Kalkulation hätte mit sechs Prozent Erhöhung auf das Festpreisangebot das unternehmerische Risiko abgedeckt.

| Bezeichnung                    | Absolut  | Absolut                                      | Absolut                     |
|--------------------------------|--|--|-----------------------------|
| Projektname                    | Bornstetter Feld<br>Reihenendhaus<br>Holzheiz. | Bornstetter Feld<br>Reihenmittelhaus<br>Holz | Musterhaus<br>Kalksandstein |
| Wohnfläche (WF) m <sup>2</sup> | 121,6  | 121,6  | 148,4                       |
| Kosten Reinigung               | 2.324,30                                       | 2.367,72                                     | 4.065,24                    |
| pro m <sup>2</sup> WF          | 19,11  | 19,47  | 27,39                       |
| Kosten Instandsetzung          | 3.937,43                                       | 3.746,01                                     | 4.156,12                    |
| pro m <sup>2</sup> WF          | 32,38  | 30,81  | 28,01                       |
| Kosten Wartung                 | 154,14   | 135,17                                       | 585,79                      |
| pro m <sup>2</sup> WF          | 1,27   | 1,11   | 3,95                        |
| Barwert                        | 338.434,64                                     | 332.105,68                                   | 482.418,48                  |
| pro m <sup>2</sup> WF          | 2.783,18                                       | 2.731,13                                     | 3.250,80                    |

Abbildung . 8-6: Variantenvergleich Kosten bei untersch. Typ und unterschiedl. Heizung

Der Projektvergleich im LEGOE-Programm zeigt die Bestwerte durch grüne Markierungen an. Das Reihenmittelhaus schneidet gegenüber dem Reihenendhaus vorteilhaft ab. Eine Amortisation wäre sofort gegeben. Die Barwertmethode zeigt dieses Ergebnis auf der Basis von 4% Realzinssatz nochmals eindeutig auf.

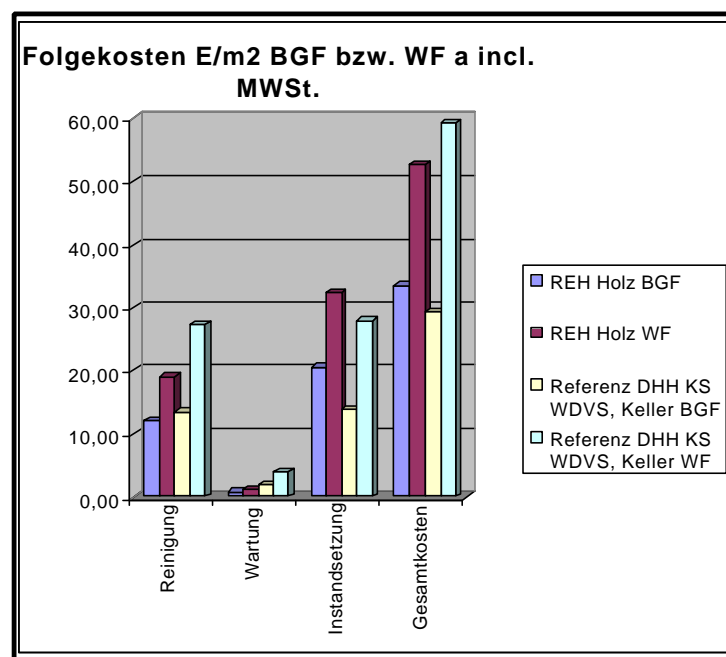
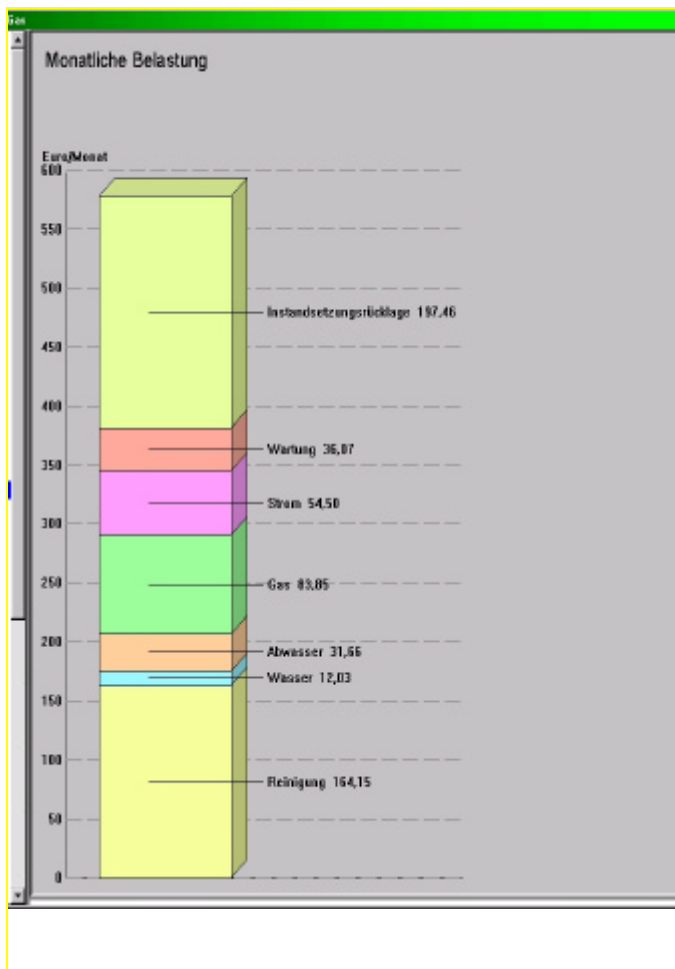


Abbildung . 8-7: Säulendarstellung Vergleich Folgekosten

Die Folgekosten für Reinigung, Wartung und Instandsetzung zeigen günstigere Werte bei WF –Vergleichen für das Reihenhaus, außer bei der Instandsetzung. Dies ist auf die häufigen Instandsetzung an den Holzfassaden zurückzuführen.



Bei dem Vergleich der Folgekosten verhalten sich die Häuser ebenso wie bei den Erstellungskosten. Die Holzheizungsvarianten und Reihenmittelhäuser schneiden am günstigsten ab. Dies entspricht auch der Tatsache, dass die Häuser weitgehend mit denselben Konstruktionen ausgeführt sind. Die Instandsetzungskosten von ca. 19 € pro m<sup>2</sup> BGF und Jahr entsprechen ca. 1,60 € pro Monat. Bei entsprechender Verzinsung erniedrigt sich dieser Betrag und entspricht dann den üblichen Beträgen der Wohnungswirtschaft.. LEGOE errechnet mit 195 €/ Monat für das Reihenmittelhaus bei 191 m<sup>2</sup> BGF einen Betrag von 1,02 € pro Monat .

Abbildung 8-8: Monatliche Belastung Reihenmittelhaus Holzheizung (LEGOE-LC-Kosten)

Bei der Vergleichsspinne werden die Kosten pro m<sup>2</sup> BGF der Reihenmittel- und Reihenendhäuser mit einer Doppelhaushälfte in Kalksandsteinkonstruktion verglichen. Die Brettstapel-häuser schneiden nur bei den Instandsetzungskosten höher ab. Dies ist auf die Holzfassaden zurückzuführen, die häufigere Anstrich-zyklen haben als mineralische Fassaden. Begünstigend bei diesem Vergleich wirkt sich die hohe BGF der Doppelhaushälfte aus. Wie schon beim Musterhaus dargestellt, fällt ein Vergleich der Kosten bezogen auf die verfügbare Wohnfläche wesentlich vorteilhafter für die kompakte Bauweise der Reihenhäuser des Bornstedter Feldes aus, die in Teilbereichen auch keine oder nur eine Teilunterkellerung aufweisen.

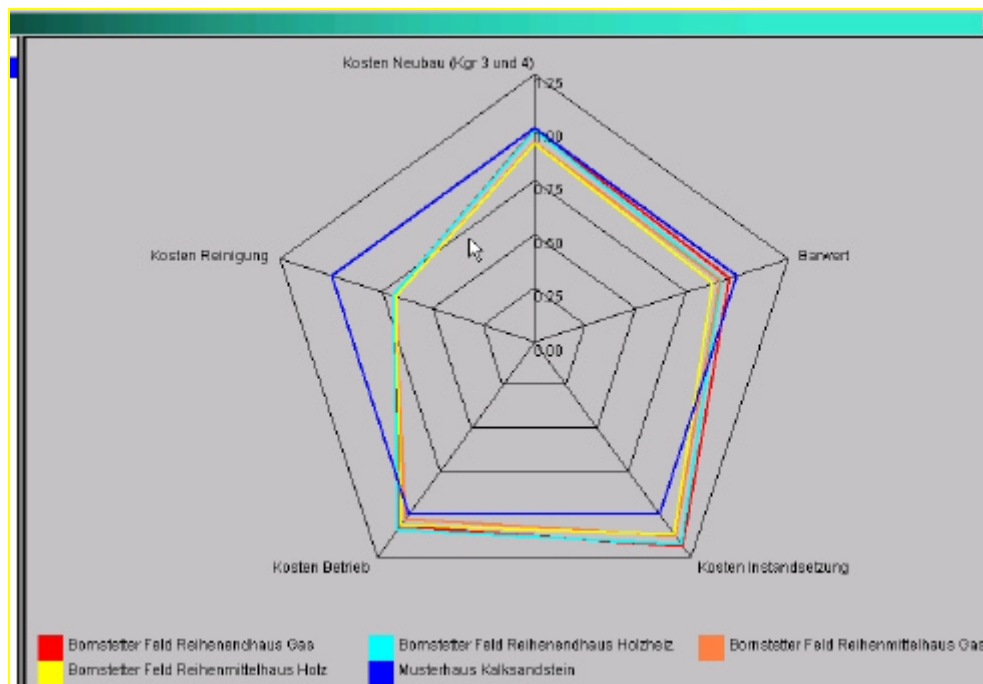


Abbildung . 8-9: Spinnenvergleich Kosten gegenüber Referenzhaus DHH- Kalksandstein

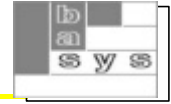
### 8.1.3 Wärme und Energie

Bei der Beurteilung des energetischen Verhaltens eines Gebäudes sind verschiedene Aspekte zu unterscheiden. Der Aufwand für :

- ? den Wärmebedarf für die Beheizung des Gebäudes
- ? die Aufbereitung des Warmwassers
- ? den Wasserbedarf
- ? den Strombedarf.

Bei der Berechnung des Heizwärmebedarfs kann bei der Siedlung das Verfahren nach der WSV0 19995 zugrundegelegt werden. Zu Vergleichszwecken wird auch das Verfahren nach der EnEV 2002 durchgeführt. Die WSV0 läßt Vergleiche der Gebäudequalität über den spezifischen Wärmebedarf pro m<sup>3</sup> Rauminhalt oder m<sup>2</sup> Wärmebezugsfläche zu. Bei diesem Rechenverfahren unterschreiten die Reihenhäuser um ca. 24% (REH) bis 29% (RMH) den zulässigen Grenzwert der Verordnung. Damit erfüllen sie eindeutig den Niedrigenergiehausstandard der Förderbedingungen.

Die EnEV gibt diesen Vergleichswert nicht mehr an. Die Gebäude dürfen einen spezifischen Transmissionswärmeverlust pro m<sup>2</sup> nicht überschreiten. Zusätzlich darf ein spezifischer Primärenergiebedarf in kWh/m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche nicht überschritten werden. Dieser



Wert errechnet sich aus dem Heizwärmebedarf, den Anlagenverlusten und der Energiebereitstellung. Die Höhe des Energiebereitstellungsfaktors hängt davon ab, welche Energieressource in Anspruch genommen wird. Nachfolgend die Primärenergiekennzahlen:

- ? Gas 1,12
- ? Öl 1,17
- ? Strom 3,0 (Übergangsregelung 2,3)
- ? Holzpellet 0,22

Durch die Einbeziehung des Energieträgers in die Primärenergiebedarfsausweisung fallen die Unterschiede zwischen den Häusern in Abhängigkeit von der eingesetzten Feuerungstechnik extrem unterschiedlich aus. Dies hat der Verordnungsgeber in dieser Tragweite nicht übersehen. Dadurch entstehen auch „falsche“ Darstellungsergebnisse. Die Holzpelletheizung weist keine Anlagenverluste mehr auf, da durch die Heizanlagenaufwandszahl unter 1,0, in diesem konkreten Fall 0,37, die Verluste sich mit den Gewinnen verrechnen. Dieser Wert hat aber keinen Bezug zur physikalischen Realität .

| Variante | Jahresheizwärmebedarf kWh/m2 | maximal zulässig. kWh/m2 | Spez. Transmissionswärmeverlust W/m2 K | maximal zulässig | Primärenergiebedarf kWh/m2a | maximal zulässig |
|----------|------------------------------|--------------------------|--|------------------|-----------------------------|------------------|
| REH Gas  | 56,56                        | 74,72                    | 0,45                                   | 0,56             | 82,86                       | 103,76           |
| REH Holz |                              |                          | 0,45                                   | 0,56             | 14,04                       | 103,78           |
|          |                              |                          |  |                  |                             |                  |
| RMH Gas  | 48,32                        | 67,31                    | 0,45                                   | 0,63             | 74,13                       | 94,39            |
| RMH Holz |                              |                          | 0,45                                   | 0,63             | 13,28                       | 94,39            |
|          |                              |                          |  |                  |                             |                  |

Abbildung 8-10: Energiedaten für vier Haustypen und Heizungsvarianten

Die Gebäude unterschreiten beim spezifischen Transmissionswärmeverlust den maximal zulässigen Grenzwert um 21% (REH) bzw. 30 % (RMH). Der Grenzwert des Primärenergiebedarfs wird bei den mit Gasbrennwertgeräten beheizten Häusern um 20 % bzw. 21 % unterschritten. Sollte sich der Grenzwert für ein NEH auf obigen Primärenergiebedarf beziehen, verschlechtern sich bei diesem rechenverfahren due Gebäude relativ zu den Werten der WSVO. Der neue Einfluß der Heizungsanlage wird beim Einsatz regenerativer Energien noch deutlicher. Die mit Holzpellet beheizten Häuser unterschreiten den Grenzwert um 80 %.

Innerhalb des Rechenprogrammmoduls LEGOE Wärme und Energie wird zwischen fünf verschiedenen Darstellungsarten zum Energieverbrauch differenziert :

- ? Wärmeverluste durch die Bauteile, Lüftung, interne und solare Wärmegewinne. Dies ergibt den Jahres-Heizwärmebedarf in kWh,
- ? die Jahresendenergie, dabei werden die Anlagenverluste zur Bereitstellung der Wärme nach EnEV mitberücksichtigt, Warmwasseraufbereitung wird nach dem statistischen Bedarf ermittelt und mit dem Anlagenverlust der EnEV gerechnet,
- ? die Primärenergie, dabei wird zusätzlich der Aufwand zur Bereitstellung des Energieträgers berücksichtigt.
- ? den daraus resultierenden Nutzenergiebedarf für Heizung, ergänzt durch den statistisch ermittelten Bedarf für Warmwasser, Strom und Wasser,
- ? die Energiekosten, die sich aus dem Endenergieaufwand und den zugrundegelegten Einheitspreisen für die Energieträger ergeben.

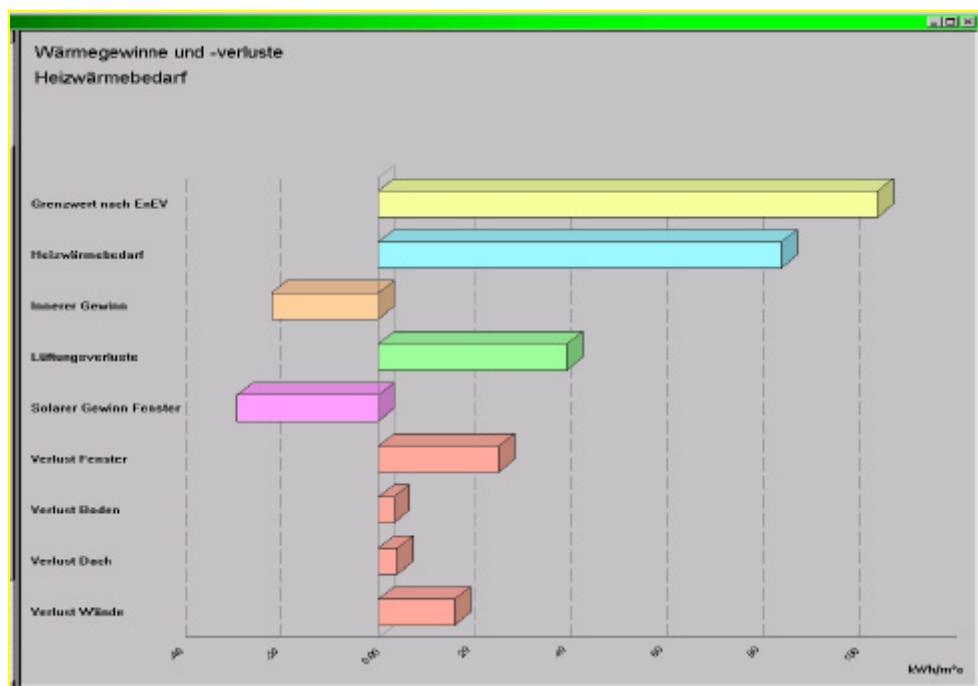


Abbildung . 8-11: Heizwärmebedarf REH Gasheizung

Die grafischen Anzeigen für den Heizwärmebedarf sind bei diesen baugleichen Gebäuden, die sich nur durch die Wahl der Heizung und des Energieträgers unterscheiden, stark

unterschiedlich, da hier der Aufwand nach dem Rechenverfahren der EnEV dokumentiert wird. Das Ergebnis richtet sich nach der Heizanlagenaufwandszahl. Diese wird von der Wahl des Energieträgers entscheidend beeinflusst.

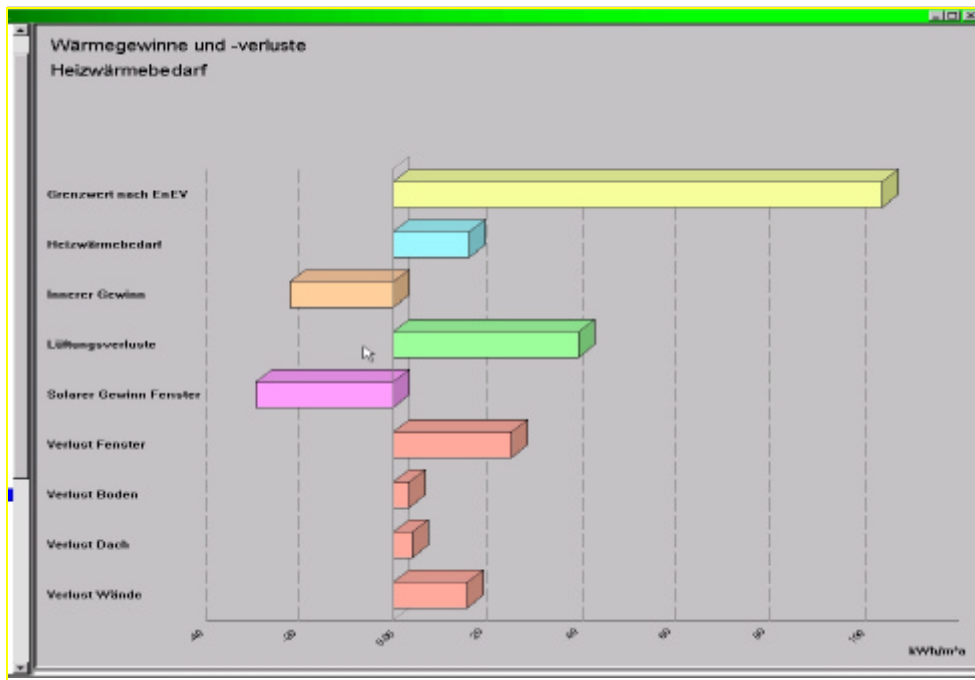


Abbildung . 8-12: Vergleich Ergebnisse Rechenverfahren WSWO und EnEV

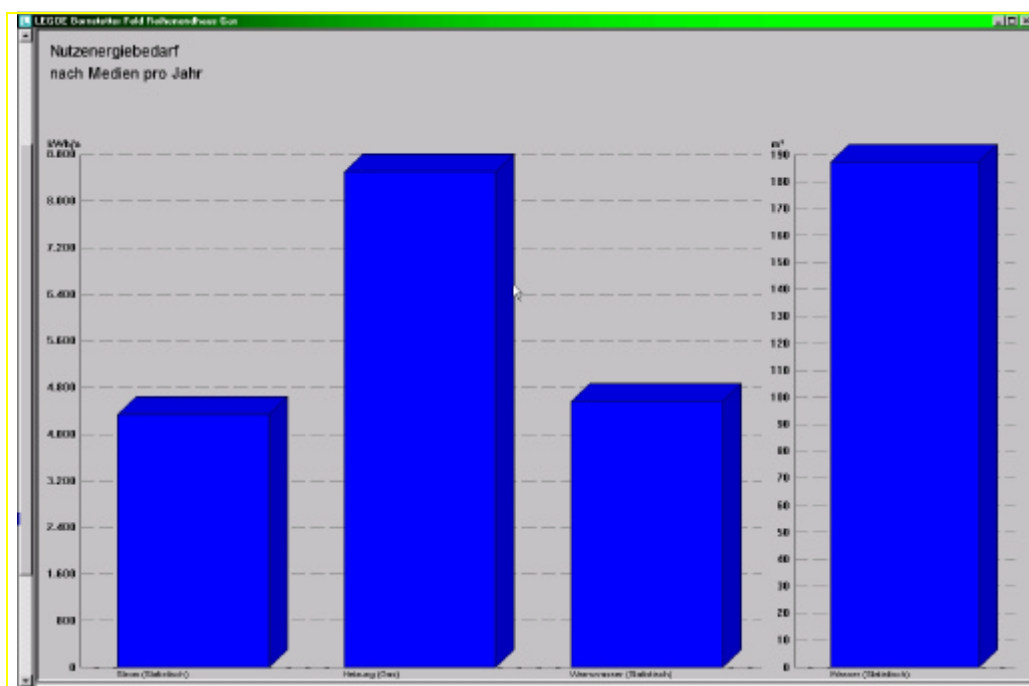


Abbildung . 8-13: Nutzenergiebedarf Heizung REH mit Gasheizung



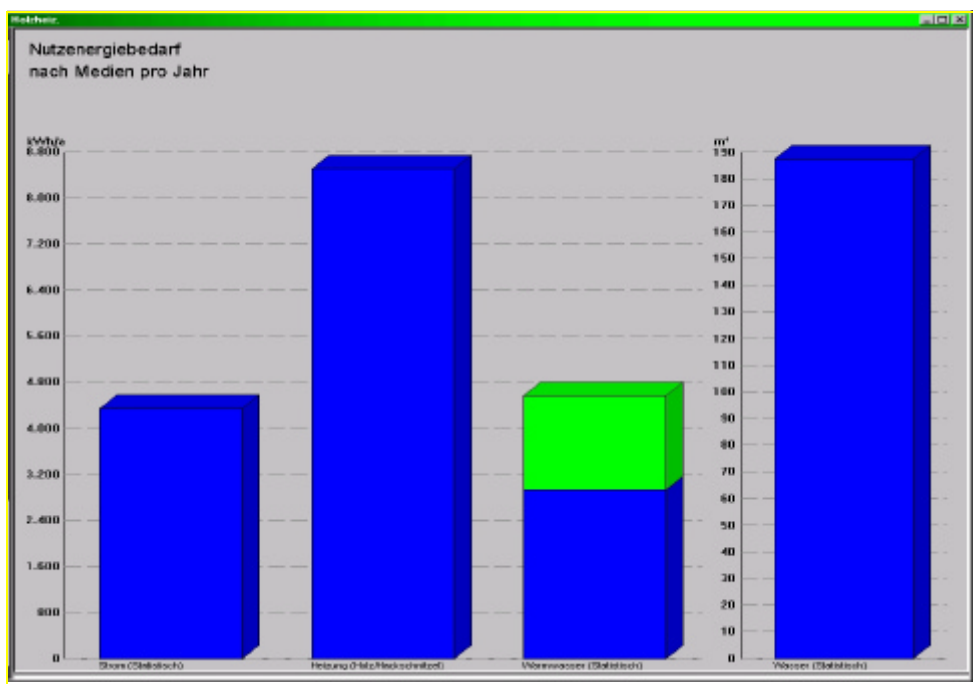


Abbildung . 8-14: Nutzenergiebedarf REH mit Holzpellettheizung und WW-Solaranlage

Konsequenterweise ist auch der Nutzenergiebedarf derselbe. Nur wenn z.B. durch den Einbau einer Solaranlage zur Warmwasserbereitung ein Energieträger substituiert wird, verringert sich der Nutzenergiebedarf. Eine 5 m<sup>2</sup> große Kollektoranlage kann bei einem vierköpfigen Haushalt den Energieaufwand für das Warmwasser um ca. 30% reduzieren.

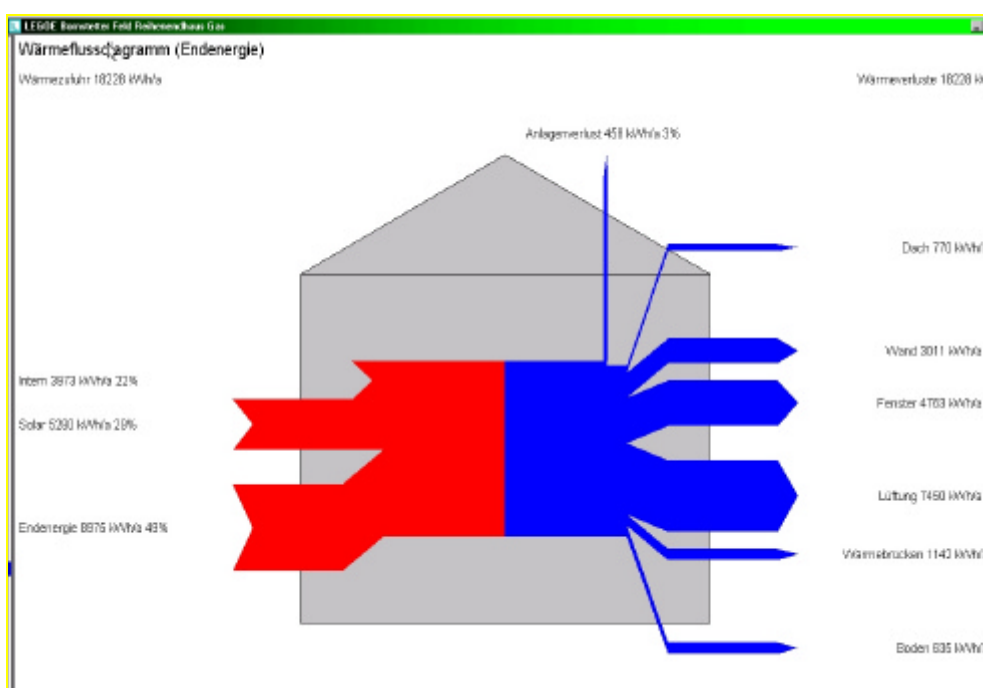


Abbildung . 8-15: Endenergiebedarf REH mit Gasheizung

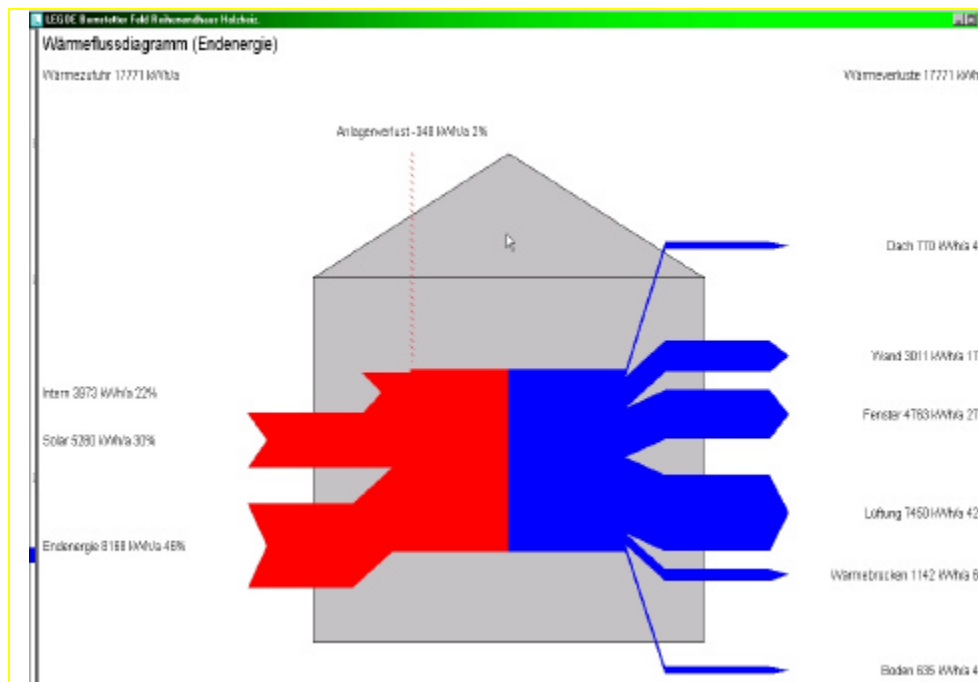


Abbildung . 8-16: Endenergiebedarf REH mit Holzheizung

Der Bedarf an Endenergie ist bei der Gasheizungsvariante etwas höher (ca. 5 %), da die Anlagenverluste durch den Rechenwert der Heizanlagen aufwandszahl, trotz des bereits sehr günstigen Brennwertkessel, bei der Holzheizung günstiger ausfallen.

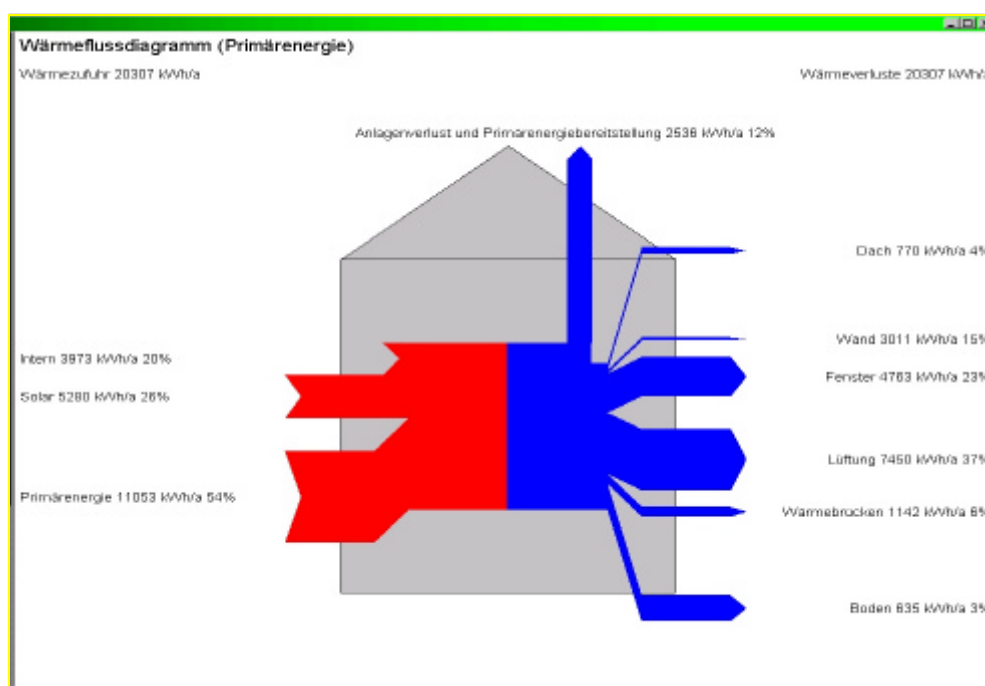


Abbildung . 8-17 Primärenergiebedarf REH mit Gasheizung

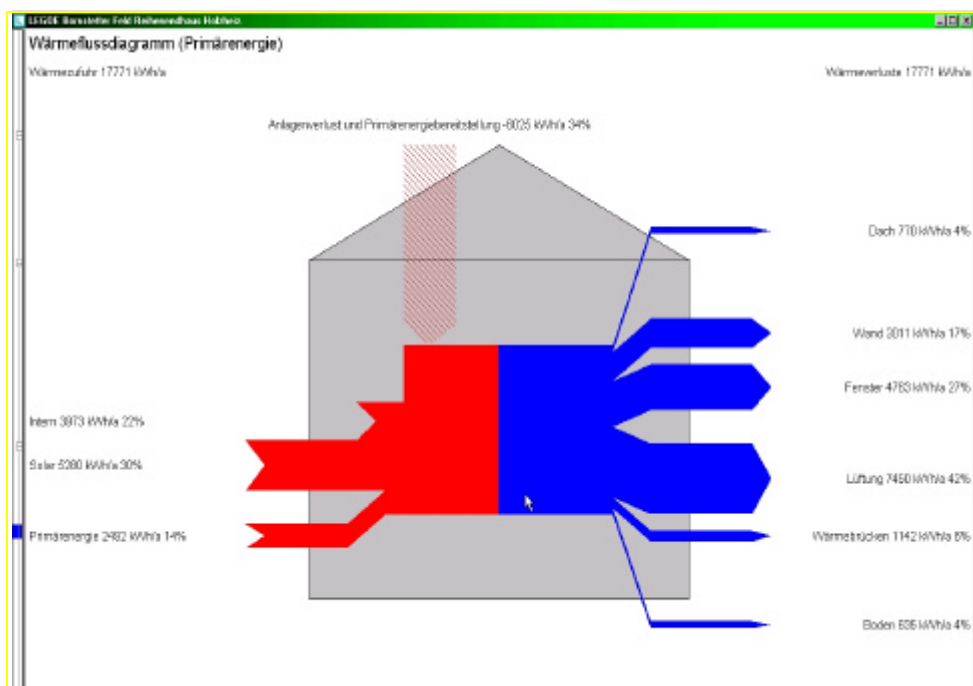


Abbildung 8-18: Primärenergiebedarf REH mit Holzpellettheizung

Bei dem Vergleich des Primärenergieaufwandes für beide Gebäude wird die rechnerische Vorteilsstellung der Holzheizung noch deutlicher. Durch die Multiplikation mit dem Primärenergiefaktor vergrößert sich der gesamte Aufwand um 23 % bei der Gasbrennwertheizung (8975 kWh zu 11053 kWh), während sich bei der Holzheizung der

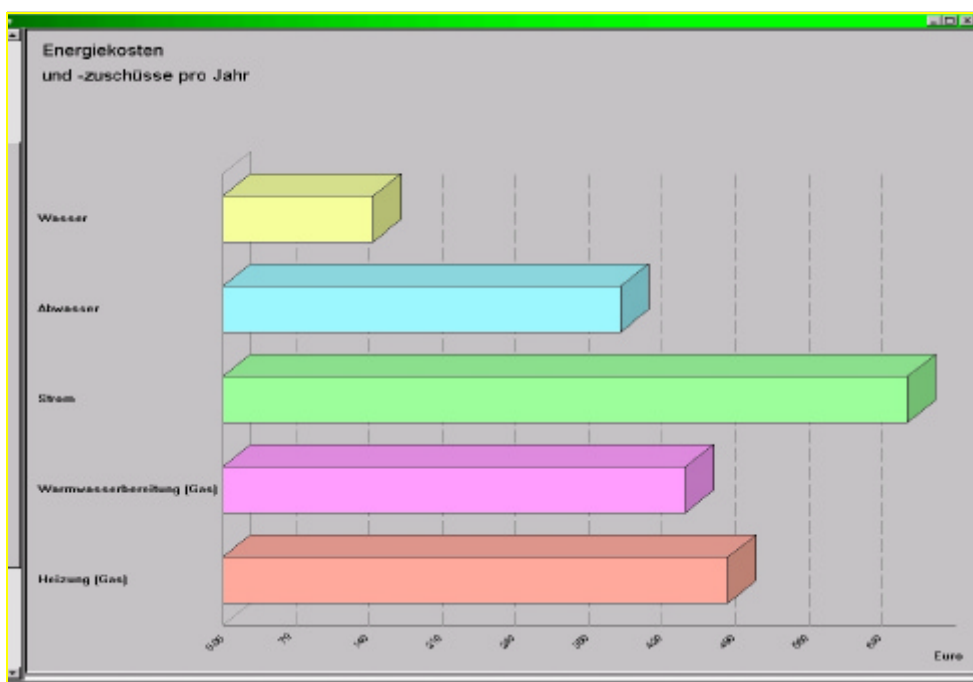


Abbildung. 8-19: Energiekosten REH mit Gasheizung)

Wärmebedarf rechnerisch um 69 % verringert (8168 kWh zu 2492 kWh). Dies wird grafisch durch den negativen Wert bei den Anlageverlusten dargestellt.

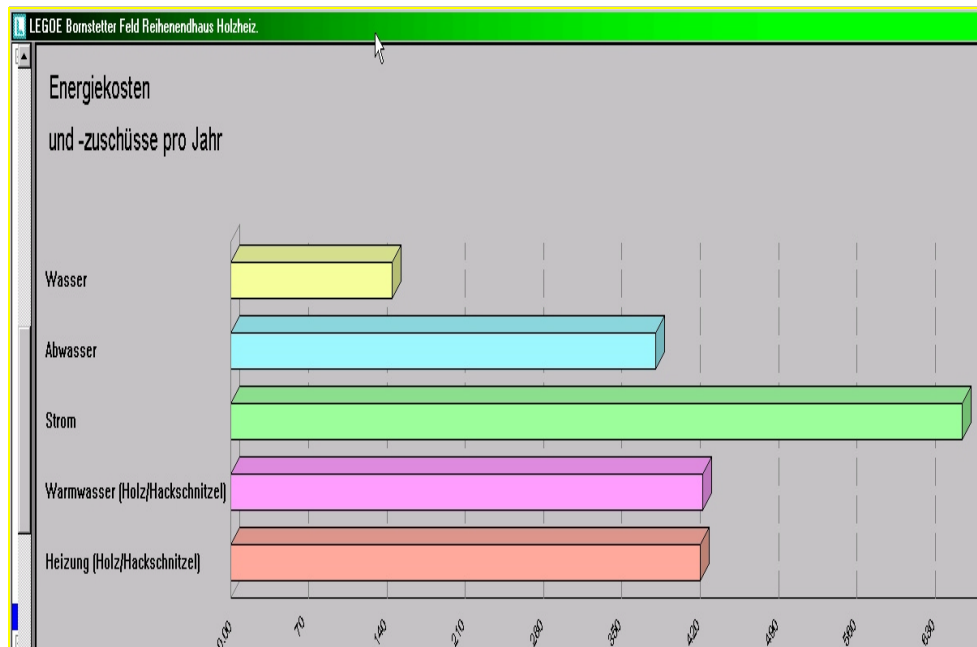


Abbildung. 8-20: Energiekosten REH mit Holzpellettheizung

Die Energiekosten, die sich auf den prognostizierten Endenergieverbrauch beziehen, sind bei beiden Gebäuden trotz des unterschiedlichen Energieträgers sehr ähnlich. Es gibt bei einem Energiepreis für 42 Cent pro m<sup>3</sup> Erdgas und 18 Cent pro kg Holzpellet einen Unterschied der Gesamt-Energiekosten von 3,7 % bzw. die Holzpellettheizung ist um 83 € billiger im Jahr. Bei den schwankenden Preisen auf dem Energiemarkt und der geringen Erfahrung mit dem Betreiben von zentralen Holzpelletanlagen ist dieser Wert in der angezeigten Bandbreite variabel. Interessant ist, daß die Kosten für den elektrischen Strom bei diesen gut gedämmten Häusern mittlerweile die Heizkosten um 30 % übertreffen. Die Warmwasserkosten sind bei normalen Wasserverbrauch durch die hohen Verluste für die Bereitstellung nahezu gleich hoch wie die Heizkosten.

Die Holzheizungsvariante fällt günstiger aus als die Gasheizungsvariante. Das Referenzhaus liegt pro m<sup>2</sup> Wohnfläche höher als REH und RMH mit Holzheizung. Der Grund liegt im Verbrauch Strom und Wasser, der personenbezogen ermittelt wird und nicht nach BGF oder WF. Bei höherer Fläche und gleicher Personenzahl schneidet das DHH in diesen Kategorien günstiger ab.

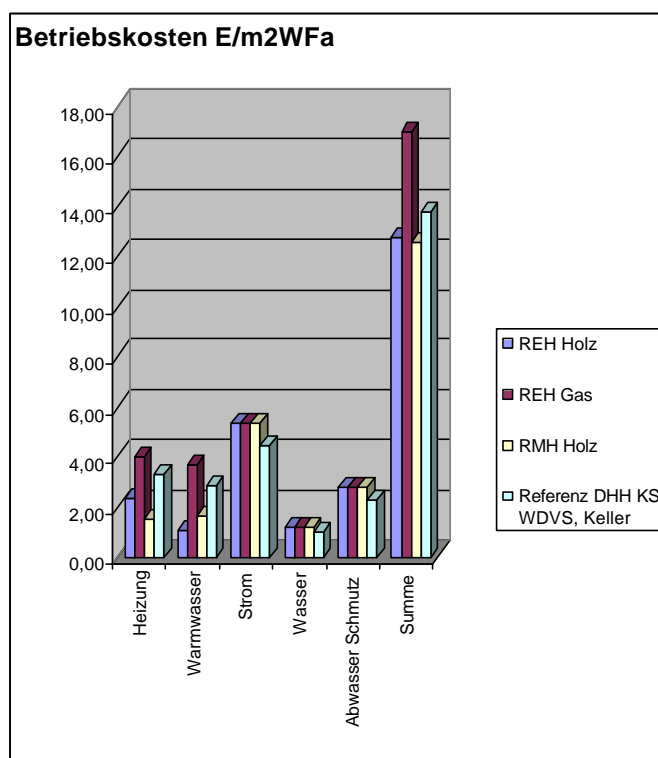


Abbildung. 8-21: Betriebskosten im Vergleich mit Referenzhaus

## 8.1.4 Ökologie

### 8.1.4.1 Auswertung in Hinblick auf die Stoffmasse

Die Stoffmasse des Reihenhauses wird dokumentiert für alle Phasen des Lebenszyklus. Die Gesamtmasse des Gebäudes liegt mit 209 t und 1550 kg/qm BGF um ca. 25% niedriger als vergleichbare Massivbauten. Die Stoffmasse des Reinigungszyklus über 80 Jahre besteht im Wesentlichen aus dem eingesetzten Wasser. Die Instandsetzungsmasse umfasst mit ca. 23t knapp 10% der eingesetzten Masse für den Neubau. Wartung und Betrieb werden nicht als Stoffmasse bilanziert. Diese Phasen erzeugen nur Konsequenzen und Ergebnisse in den Wirkungsbilanzen.

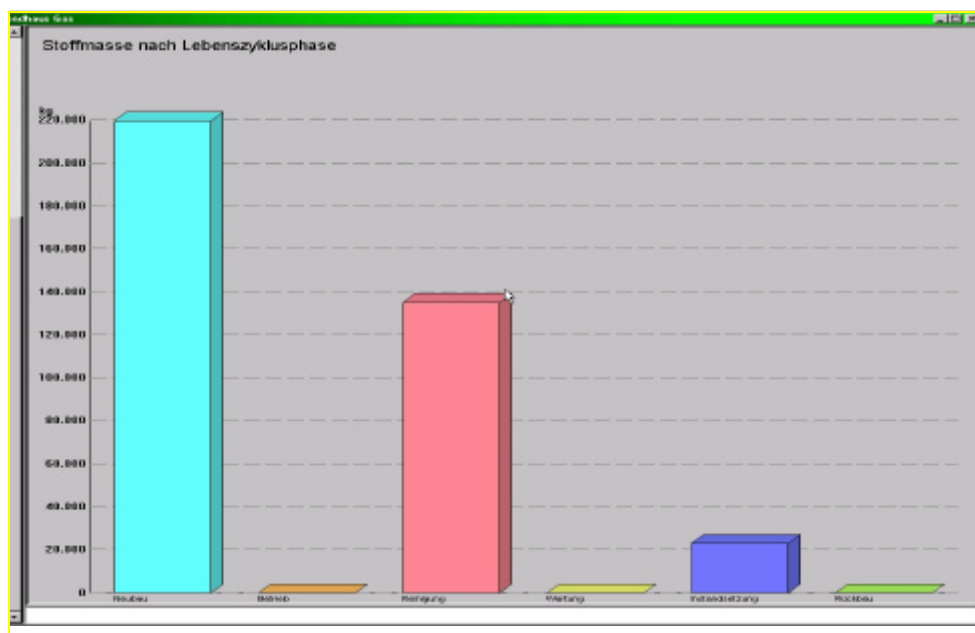


Abbildung. 8-22: Stoffmasse REH absolutes Gewicht nach Phase

Im Vergleich der verschiedenen Gebäudetypen

- ? Musterhaus
- ? Reihenendhaus Bornstedter Feld
- ? Reihenmittelhaus Bornstedter Feld
- ? Referenzhaus Doppelhaushälfte Kalksandstein mit Keller

schneiden die Reihenhäuser pro m<sup>3</sup> Bruttorauminhalt bzw. m<sup>2</sup> Bruttogrundfläche am günstigsten ab. Die Stoffmasse ist mit Instandsetzung über 80 Jahre gerechnet.

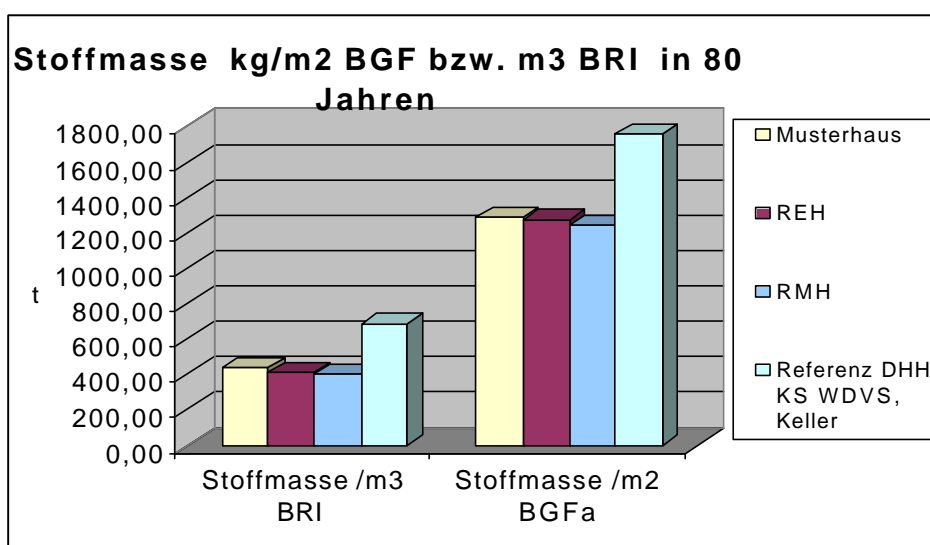


Abbildung. 8-23 Stoffmasse verschiedene Haustypen pro m<sup>3</sup> BRI bzw. m<sup>2</sup> BGF über 80 Jahre

Die Stoffmasse kann auch als Deponiemenge dargestellt werden, um Hinweise für den Verbleib der Gebäudemasse bei Abbruch und Beseitigung zu erhalten. Besonders ist in diesem Fall dann auch die Instandsetzungsphase, da diese Abbruchmengen bereits während der 80-jährigen Gebäudenutzung und nicht erst an ihrem Ende entsprechend der Abfallverordnung beseitigt werden müssen. Die größte Stofffraktion fällt bezogen auf den Masse auf die Mono-Deponie mit ca. 234 t, die nächstgrößere Fraktion ist die Kompostierung mit ca. 46 t. Auf die Mono-Deponie entfallen vor allen Dingen die mineralischen Bauteile der Teilunterkellerung und der Bodenplatte. Auf die Kompostierung entfallen die großen Mengen unbehandelter Holzbauteile, die sinnvollerweise auch nicht in die Hausmülldeponie oder Hausmüllverbrennung wandern. Aspekte der Wiederverwendung, Wiederverwertung usw. werden in LEGOE z.Zt. noch nicht berücksichtigt. Insgesamt wird die neutrale Behandlung

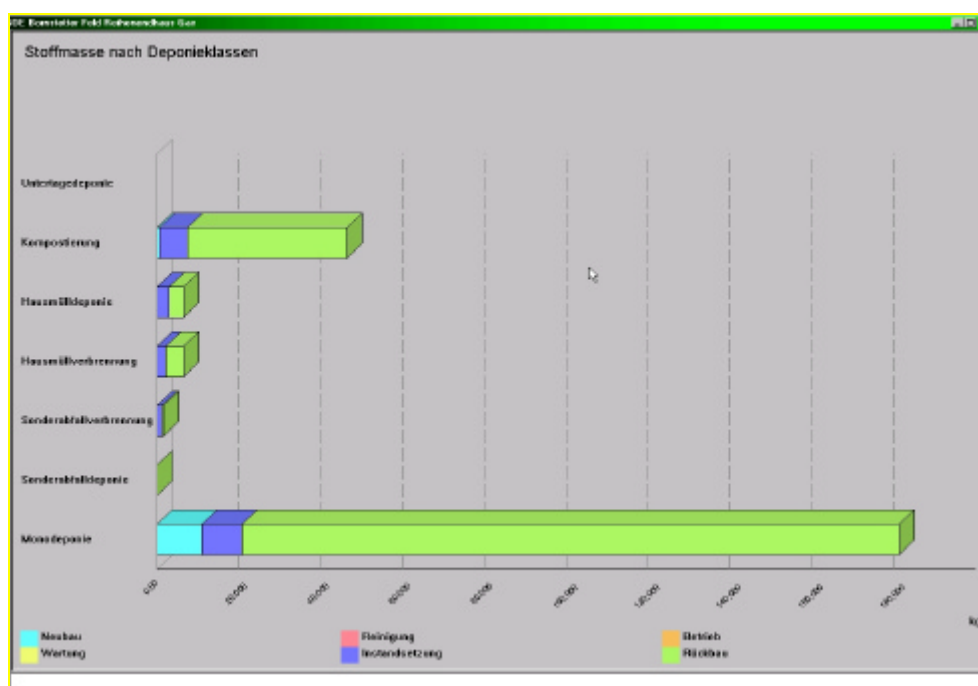


Abbildung. 8-24: Stoffmasse nach Deponiekategorie und Phase)

von Bauteilen aufgrund solcher Aspekte kritisch beurteilt, da im Prinzip nicht sichergestellt werden kann, ob bei Abbruch oder Demontage die Bauteile tatsächlich einer Verwertung zugeführt werden, solange dies nicht zwangsläufig über eine staatliche Verordnung gefordert wird.

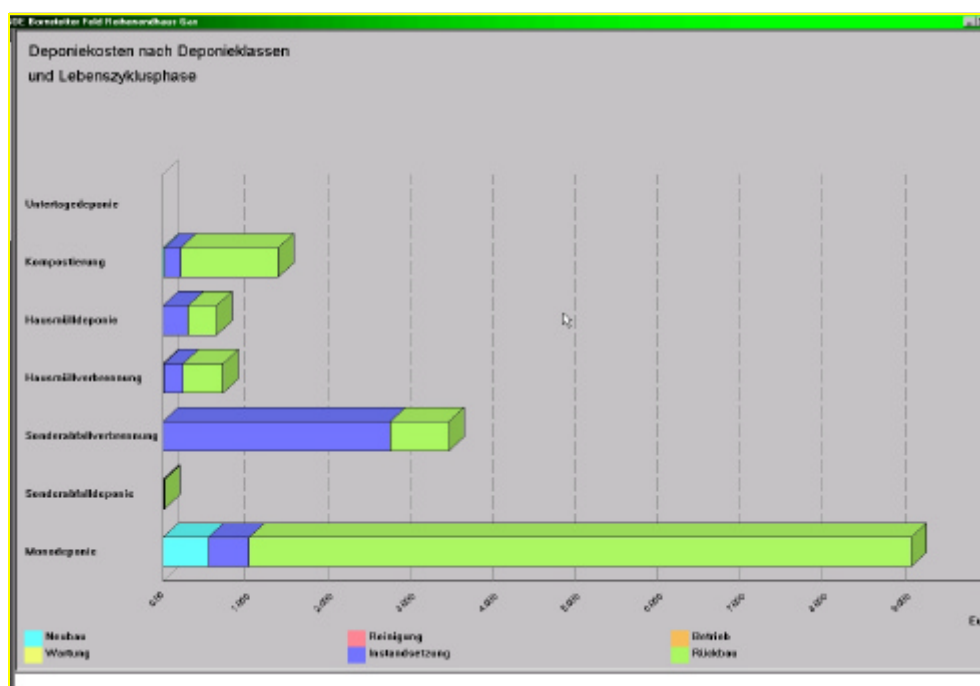


Abbildung. 8-25: Deponiekosten nach Deponiekategorie und Phase

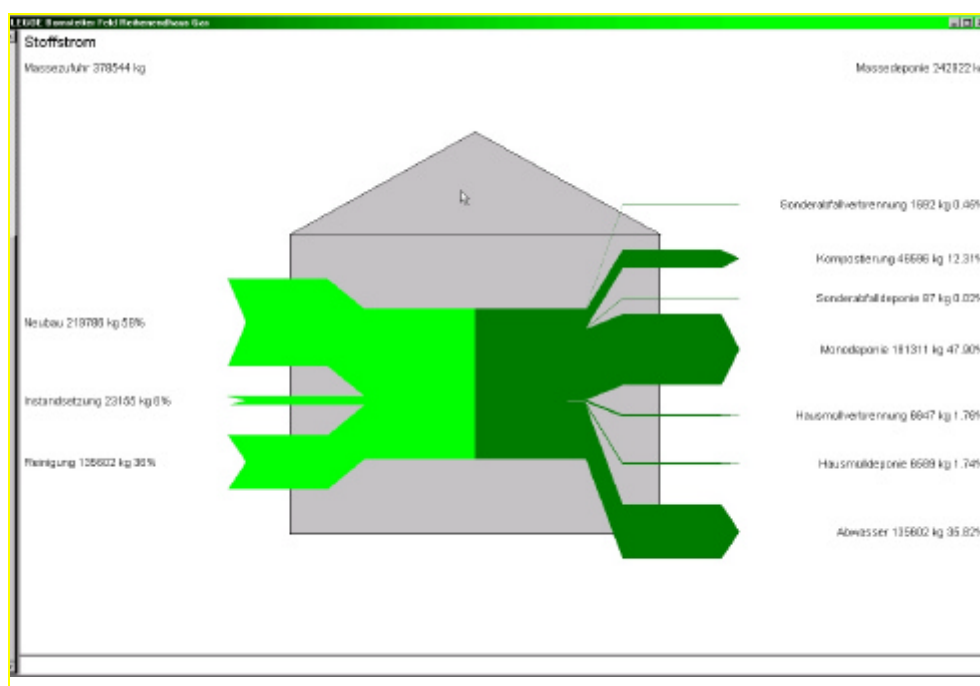


Abbildung. 8-26: Stofffluss nach Phasenherkunft und Deponiekategorie o. Aushub

Die geringen Fraktionen Sonderabfalldeponie und Sonderabfallverbrennung erhalten ihre Bedeutung erst durch die dabei entstehenden Kosten. In LEGOE werden die Deponiekosten nach Deponieklassen und Lebenszyklusphasen ausgewiesen.



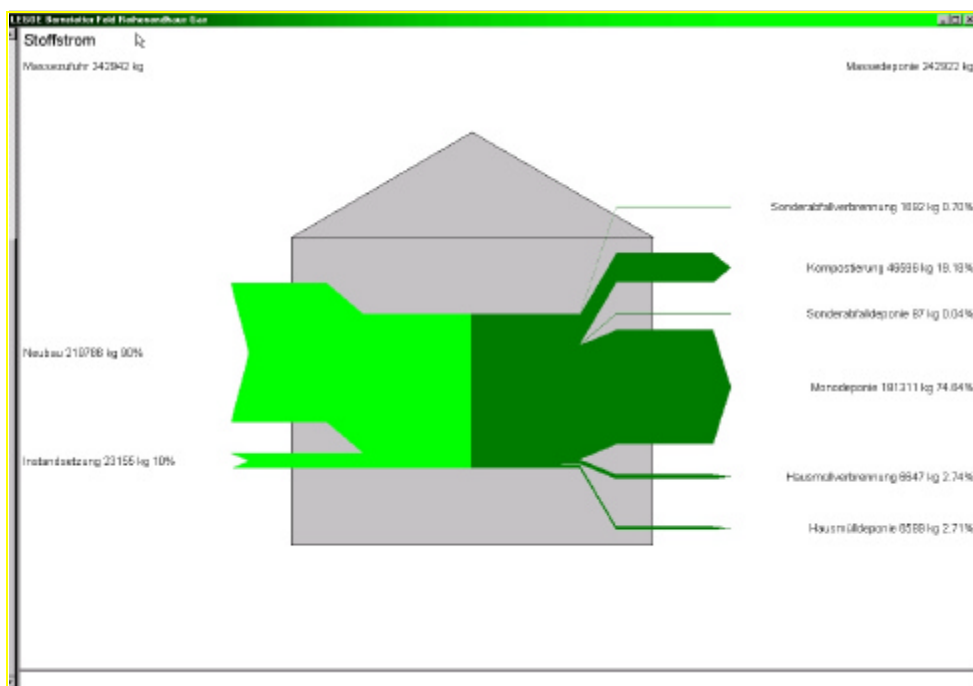


Abbildung. 8-27: Stofffluss nach Phasenherkunft und Deponieklasse ohne Reinigung

Vor allem die Instandsetzungsarbeiten mit ihren relativ häufigen Zyklen an Innenausbau oder anderen Oberflächenelementen sind ursächlich an diesen Stoffmengen beteiligt und führen dann auch zu prozentual vergleichsweise hohen Beseitigungskosten. Der Stofffluss wird in Form einer Stoffflussgrafik in bezug auf die prozentualen Input- und Outputanteile dargestellt.

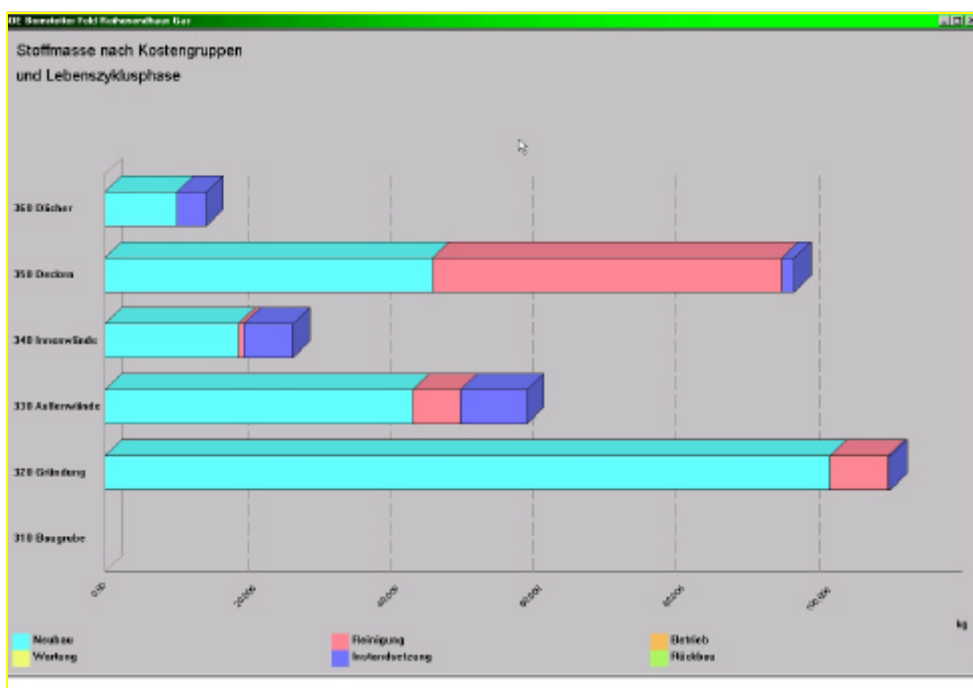


Abbildung. 8-28: Stoffmasse nach Kostengruppe und Phase

Zusätzlich zu den Materialien kann auch das Wasser, das während der Reinigung anfällt als Zu- und Abwassermenge dargestellt werden. Mit einer Stoffmenge von 135 t und einem prozentualen Anteil von 31% hat das Reinigungswasser einen unerwartet hohen Anteil während der Lebenszyklusphase. Die Instandsetzungsmassen dagegen betragen nur 23 t oder 5% der Gesamtmasse.

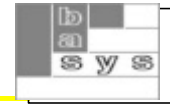
Eine weitere Auswertung erlaubt die Zuordnung der Stoffmasse zu den einzelnen Kostengruppen nach DIN 276 bis zur 3. Kostenstelle. Dies eröffnet die Möglichkeit die für bestimmte Abfallkategorien verursachenden Bauteile im Gebäude genauer zu lokalisieren. Hier wird deutlich, dass die größte Stoffmasse aus dem Bereich der Gründungsbauteile kommt. Mit über 160 t ist diese Bauteilgruppe mit fast 60% an der gesamten Stoffmasse beteiligt, gefolgt von gleichen Teilen Decken und Außenwänden. In der Instandsetzungsphase wird ein Stoffmasseninput hauptsächlich im Bereich der Außenwände durchgeführt, gefolgt von den Innenwänden und den Dächern. Reinigungsphasen finden zum größten Teil auf den Fußböden der Deckenbauteile statt.

#### 8.1.4.2 Auswertung der Stoffmasse in bezug auf die ökologische Wirkungsbilanz

Die Stoffmasse entfaltet bezüglich ihrer Ökobilanz bestimmte Wirkungen auf das Ökosystem. Unterschieden werden dabei Inputkategorien wie Primärenergieaufwand, erneuerbar und nicht erneuerbar und abiotischer Ressourcenverbrauch. Weiterhin Outputkategorien wie CO<sub>2</sub>-Äquivalentemissionen, SO<sub>2</sub>-Äquivalentemissionen, Ozonabbaupotentiale und Sommersmogpotential.



Abbildung. 8-29: Wirkungsbilanz für sechs Kate. n. Phase absolut REH mit Gasheizung absolut



Die Berechnung ergibt über den gesamten Lebenszyklus eindeutig die Dominanz der Betriebsphase mit einem Anteil von CO<sub>2</sub> absolut und prozentual, SO<sub>2</sub> absolut und prozentual, PEI nicht erneuerbar absolut und prozentual und Primärenergie erneuerbar absolut und prozentual. Nur bei der erneuerbaren Primärenergie erreicht die Gebäudesubstanz einen nennenswerten Anteil mit 42,5 %.

| Variante        | Treibhaus potential in kg CO2 | prozent ual | Versauerungspotential kg SO 2 | prozent ual | Primärenergie Nicht erneuerbar kWh | prozent ual | Primärenergie bedarf nicht erneuerbar kWh | prozent ual |
|-----------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|------------------------------------|-------------|---|-------------|
| REH Gas Gebäude | 57829                         | 14,3        | 393,5                         | 17,6        | 985896                             | 8,2         | 96990                                     | 42,5        |
| REH Gas Betrieb | 345862                        | 85,7        | 1839,7                        | 82,4        | 11030977                           | 91,8        | 130897                                    | 57,5        |
| REH Gas gesamt  | 403691                        | 100         | 2233,2                        | 100         | 12016873                           | 100         | 227887                                    | 100         |

Abbildung 8-30: Vergleich Wirkungskategorien der Bausubstanz mit dem Betriebsaufwand über 80 Jahre

Zum Vergleich wurde das Reihenendhaus mit einer Gas- und Holzpellettheizung ausgestattet. Dabei zeigen sich eklatante Unterschiede. Während die Gebäudesubstanz außer der Heizanlage identisch ist, sind die Zahlen der Betriebsphase bei Treibhauspotential durch die Gutschrift der Holzheizung gekennzeichnet. Die Gutschrift beträgt nahezu 120% der CO<sub>2</sub> Belastung der Gasheizung. Bei dem Versauerungspotential dagegen sind die Belastung fast identisch.

| Variante                     | Treibhaus potential in kg CO2 | prozent ual | Versauerungspotential kg SO 2 | prozent ual | Primärenergie Nicht erneuerbar kWh | prozent ual | Primärenergie bedarf nicht erneuerbar kWh | prozent ual |
|------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|------------------------------------|-------------|---|-------------|
| REH Gas Gebäude              | 57829                         | 14,3        | 393,5                         | 17,6        | 985896                             | 8,2         | 96990                                     | 42,5        |
| REH Gas Betrieb              | 345862                        | 85,7        | 1839,7                        | 82,4        | 11030977                           | 91,8        | 130897                                    | 57,5        |
| REH Gas gesamt               | 403691                        | 100         | 2233,2                        | 100         | 12016873                           | 100         | 227887                                    | 100         |
| REH Holz Gebäude             | 52352                         | 100         | 363,1                         | 17,5        | 905790                             | 15          | 95347                                     | 9,8         |
| REH Holz Betrieb             | -403308                       | 0           | 1708,4                        | 82,5        | 5141300                            | 85          | 9596990                                   | 90,2        |
| REH Holz gesamt              | -350955                       | 0           | 2071,6                        | 100         | 6047091                            | 100         | 9692336                                   | 100         |
| Haus Gas abzüglich Haus Holz | 754646                        |             | 161,6                         |             | 5969782                            |             | - 9464449                                 |             |

Abbildung 8-31: Vergleich Wirkungskategorien REH mit Gas- und Holzheizung

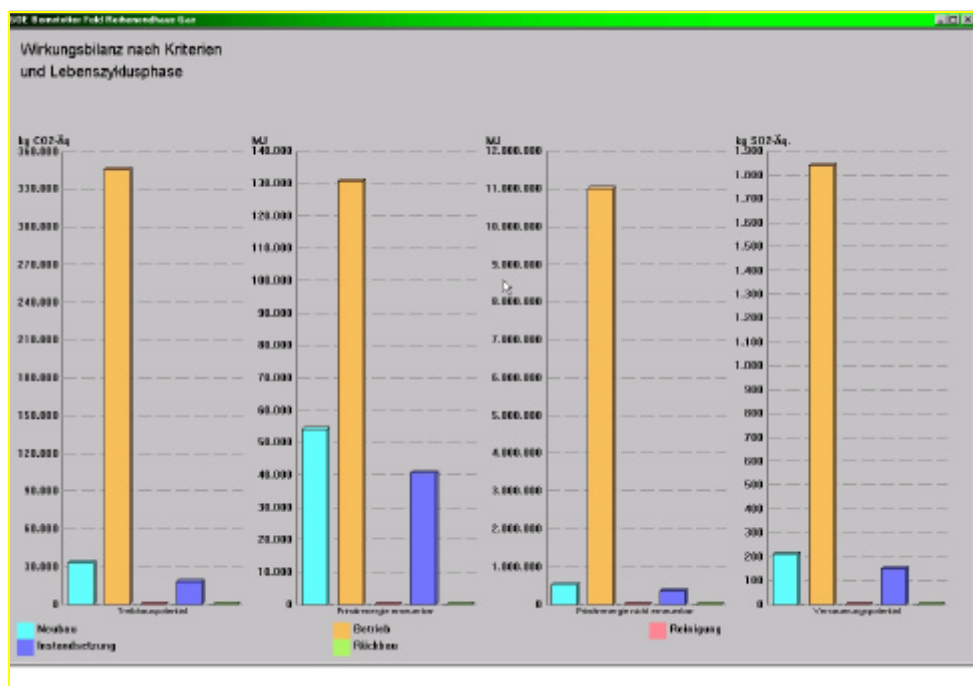


Abbildung 8-32: Wirkungsbilanz für vier Kategorien nach Phase REH mit Gasheizung absolut

Bei der nicht erneuerbaren Primärenergie liegt die Gasheizung 21 mal so hoch wie die Holzheizung. Bei der erneuerbaren Primärenergie ist die Diskrepanz noch größer, diesmal zu Lasten der Holzheizung, die 42 mal so viel PEI benötigt wie die Gasheizung.

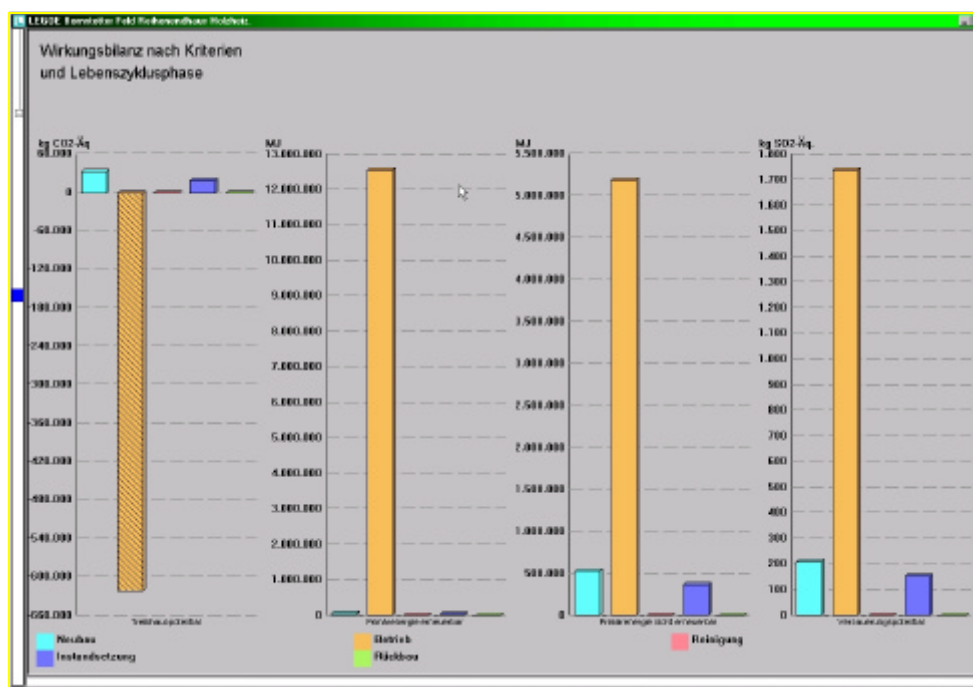


Abbildung 8-33: Wirkungsbilanz für vier Kategorien nach Phase REH mit Holzheizung, absolut

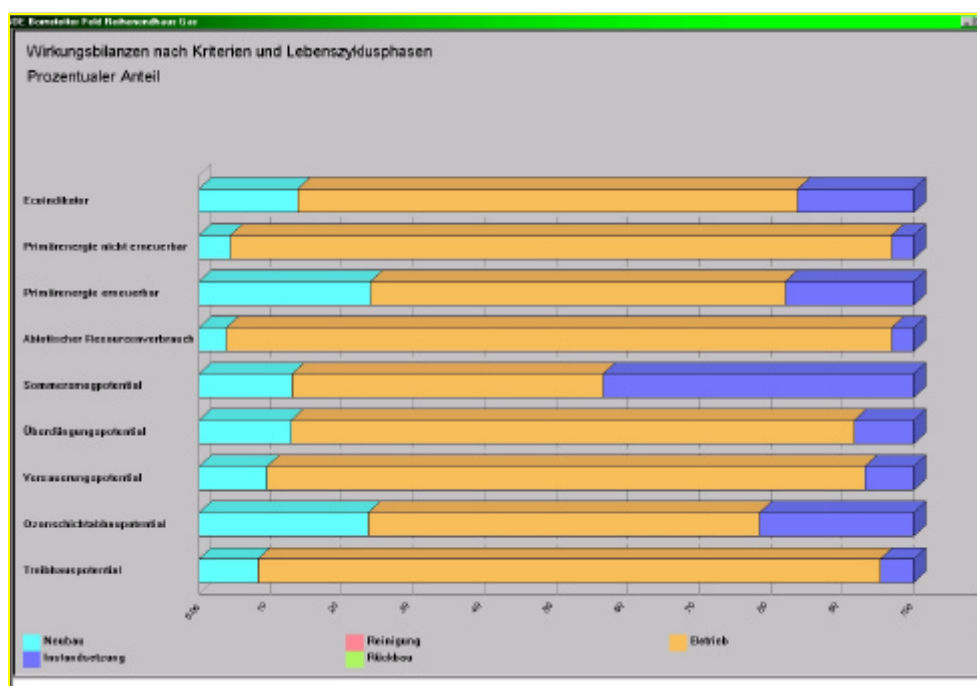


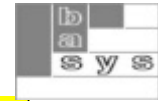
Abbildung. 8-34: Wirkungsbilanz für neun Kat. nach Phase REH mit Gasheizung, prozentual

Im relativen Vergleich wird die Dominanz der Betriebsphasen ebenfalls noch einmal deutlich. Bei allen Wirkungskategorien ist die Betriebsphase neben der gesamten Bauphase (Neubau/Instandsetzung) dominant.



Abbildung. 8-35: Wirkungsbilanz für vier Kennziff. ohne Betrieb REH mit Holzheizung, absolut

Wird nur das Gebäude in seiner Bausubstanz alleine betrachtet, ohne die Betriebsphase, wird die ökologische Bedeutung der Instandsetzungsarbeiten für die



Lebenszyklusbetrachtung anschaulich. Obwohl an der Stoffmasse über 80 Jahre nur zu 10% beteiligt, sind die Anteile an den Wirkungskategorien wesentlich höher.

| Haustyp/Referenzdaten | kg CO <sub>2</sub> -<br>äquivalent/m <sup>2</sup><br>BGF Jahr | kg SO <sub>2</sub><br>äquivalent/ m <sup>2</sup><br>BGF Jahr | MJ PEI nicht<br>erneuerbar /m <sup>2</sup><br>BGF Jahr | Alle Daten<br>nur KGR 3<br>ohne Betrieb |
|-----------------------|---|--|--|---|
| Immopass Steiger      | 5   | 0,025  | 60   |   |
| Muster Standard       | 3,5   | 0,031  | 63,8   |   |
| Muster Ökovariante    | 4,1   | 0,035  | 75,7   |   |
| Muster Mineral        | 5,7   | 0,038  | 86   |   |
| REH Brettstapel       | 4,7   | 0,024  | 61   |   |
| RMH Brettstapel       | 4,6   | 0,023  | 59   |   |
|                       |   |  |  |   |

Abbildung 8-16: Referenzdaten Steiger für Ökobilanzen

Referenzdaten für Öko-Kennziffern in Form von Grenz- oder Zielwerten existieren nicht. Bislang wurden nur im Immo-Pass der HypoVereinsbank, der von der Firma Intep unter der Leitung von Prof. Steiger 2002 erstellt wurde, Orientierungswerte veröffentlicht, die aufgrund der langen Erfahrung von Prof. Steiger bei der Erstellung von Ökobilanzen als begründet angenommen werden können.

Die Zielwerte des Immo-Passes beziehen sich nur auf die Gebäudekonstruktion. Ökologische Folgen des Betriebs werden nicht ermittelt. Dabei wird eine Nutzungsdauer von 80 Jahren zugrundegelegt und der Referenzwert für ein Nutzungsjahr ermittelt.

Bei der Auswertung der im BASYS-Forschungsprojekt mit der LEGOE-Software ermittelten Daten wird deutlich, daß die Ergebnisse sich eng an die Zielwerte des Immo-Passes anschließen. Allerdings werden die Zielwerte nur knapp unterschritten. Mit diesem Ergebnis und unter Berücksichtigung der angewendeten Brettstapelbauweise mit einem hohen Anteil nachwachsender Rohstoffe und dem Verzicht auf grosse betonierte Kellervolumina, können die Zielwerte von Steiger als Bestwerte angesehen werden.

Zielwerte für Gebäude mit Betrieb werden vom Immo-Pass leider nicht angegeben, so daß hier keine Vergleiche möglich sind. Dies wäre aber in Zukunft notwendig, um die Bedeutung der gesamten Nutzungsphase auch mit ihren Aufwendungen im energetischen Bereich deutlich zu machen.

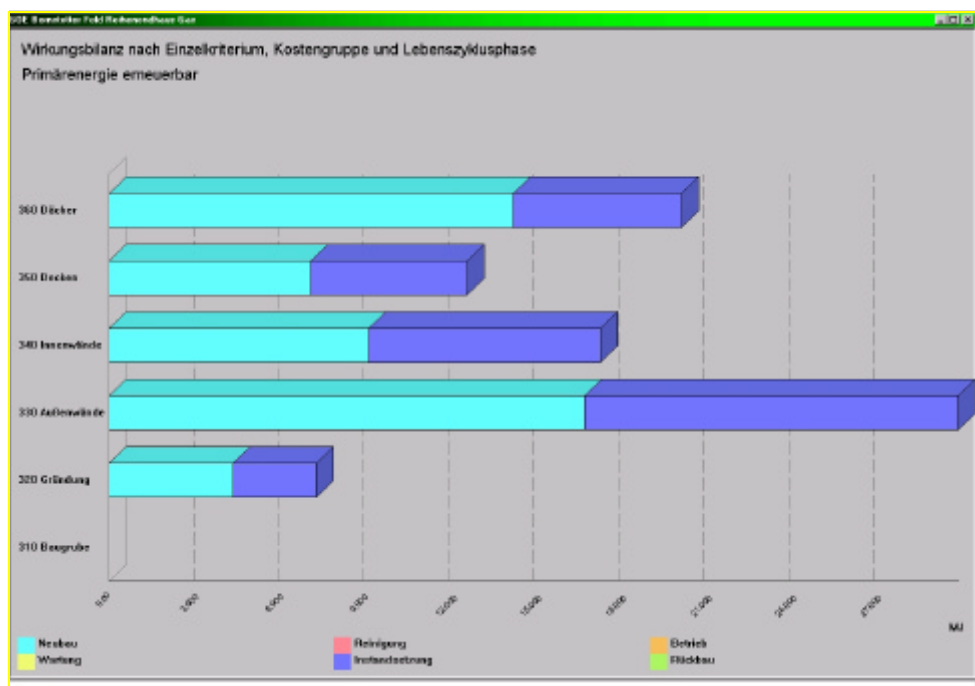


Abbildung. 8-37: Wirkungsbilanz nach Kostengruppe und Phase, KGR 3, PEI erneuerbar

Die Auswertung der Wirkungskategorien kann ebenfalls wie bei der Stoffmasse auch bezüglich der Kostengruppen erfolgen, so dass auch hier die Verursacher lokalisierbar sind. So sind vor allem die Außenwandbauteile in allen Wirkungskategorien insgesamt dominant.

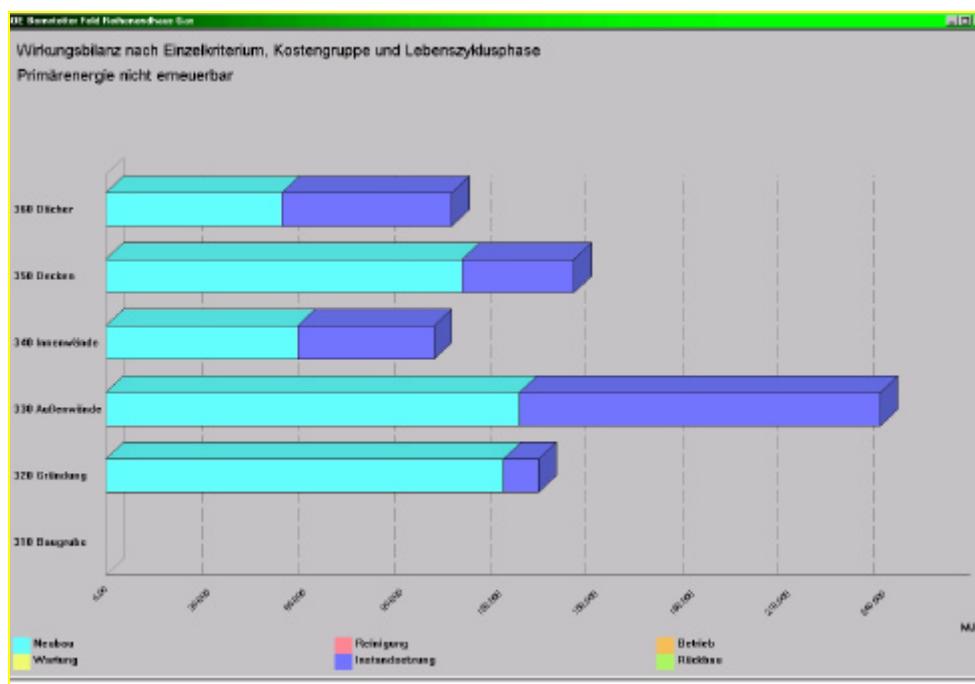


Abbildung. 8-38: Wirkungsbilanz nach Kostengruppe und Phase, KGR 3, PEI nicht erneuerbar

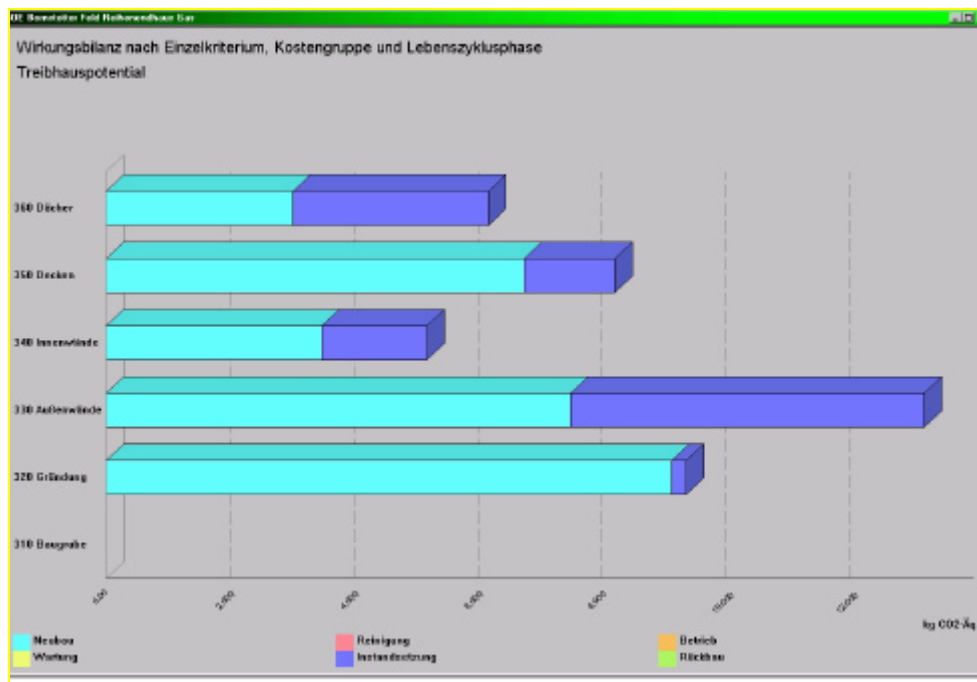


Abbildung. 8-39: Wirkungsbilanz nach Kostengruppe und Phase, KGR 3, Treibhauspotential

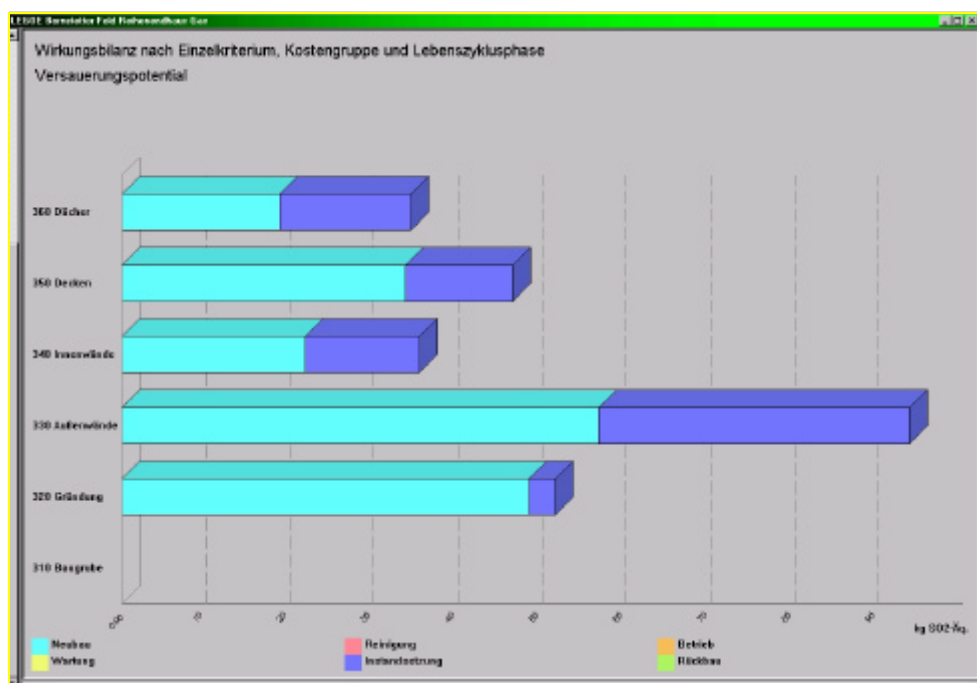


Abbildung. 8-40: Wirkungsbilanz nach KGR 3 und Phase, Versauerungspotential



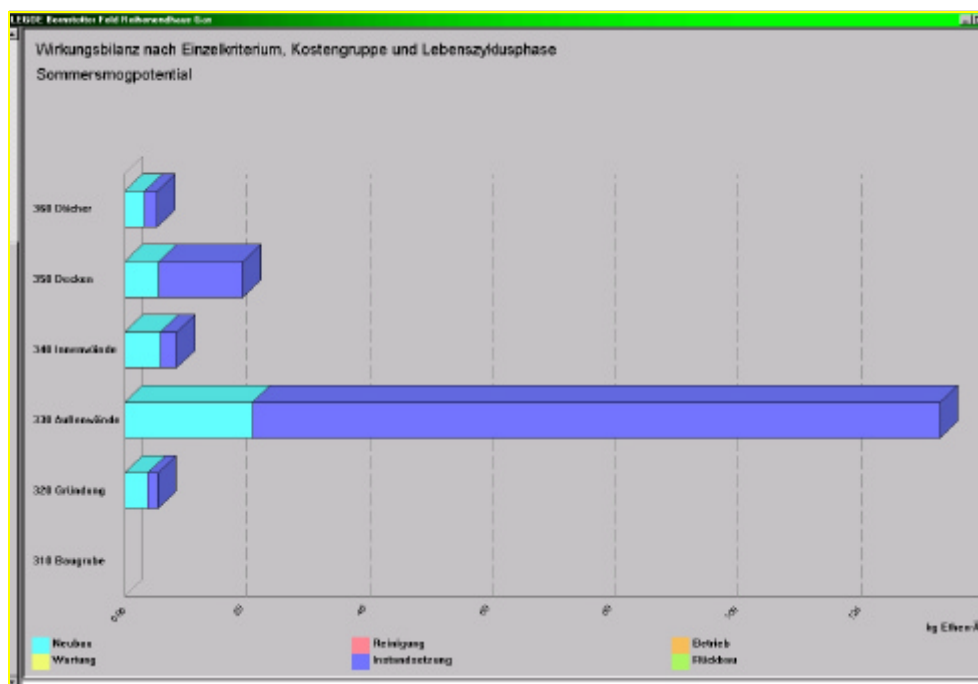
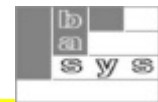


Abbildung. 8-41: Wirkungsbilanz nach KGR 3 und Phase, Sommersmogpotential

### 8.1.5 Der Projektvergleich

Der Projektvergleich setzt das Reihenmittelhaus und Reihenendhaus mit den beiden Heizungsvarianten in den Vergleich zu einer konventionell erstellten mineralischen Doppelhaushälfte als Referenzhaus. Bezugsgröße ist in diesem Fall der Quadratmeter Wohnfläche. Außer in bezug auf das Sommerpotential (kg Ethenäquivalente) schneiden die Siedlungshäuser des Bornstedter Feldes in allen Kategorien besser ab. Bezogen auf den Quadratmeter Wohnfläche unterschreiten sie die Stoffmasse um 45%, 2 t : 3,5 t.



| Bezeichnung                                   | Absolut                                  | %   | Absolut  | %     | Absolut                                     | %   | Absolut                                      | %     | Absolut                     | %   |
|---|--|-----|--|-------|---|-----|--|-------|-----------------------------|-----|
| Projektname                                   | Bornstetter Feld<br>Reihenendhaus<br>Gas |     | Bornstetter Feld<br>Reihenendhaus<br>Holzheiz. |       | Bornstetter Feld<br>Reihenmittelhaus<br>Gas |     | Bornstetter Feld<br>Reihenmittelhaus<br>Holz |       | Musterhaus<br>Kalksandstein |     |
| Wohnfläche (WF) m²                            | 121,6                                    | 82  | 121,6  | 82    | 121,6                                       | 82  | 121,6  | 82    | 148,4                       | 100 |
| Stoffmasse kg                                 | 505.959                                  | 47  | 507.490  | 47    | 485.612                                     | 45  | 487.142                                      | 45    | 1.077.687                   | 100 |
| — pro m² WF                                   | 4.161                                    | 57  | 4.173  | 57    | 3.994                                       | 55  | 4.006  | 55    | 7.262                       | 100 |
| Treibhauspotential kg CO <sub>2</sub> -Äq.    | 404.661                                  | 76  | -1023360                                       | -193  | 396.819                                     | 75  | -949832                                      | -179  | 529.673                     | 100 |
| — pro m² WF                                   | 3.328                                    | 93  | -8416  | -236  | 3.263                                       | 91  | -7811  | -219  | 3.569                       | 100 |
| Ozonschichtabbaupotential kg CFC11-Äq.        | 0,10645                                  | 40  | 0,11398  | 43    | 0,10222                                     | 39  | 0,11018                                      | 42    | 0,26341                     | 100 |
| — pro m² WF                                   | 0,00088                                  | 49  | 0,00094  | 53    | 0,00084                                     | 47  | 0,00091                                      | 51    | 0,00178                     | 100 |
| Versauerungspotential kg SO <sub>2</sub> -Äq. | 2.257,6                                  | 70  | 2.324,8  | 69    | 2.213,3                                     | 69  | 2.188,6                                      | 68    | 3.230,9                     | 100 |
| — pro m² WF                                   | 18,6                                     | 85  | 18,3   | 84    | 18,2  | 84  | 18,0   | 83    | 21,8                        | 100 |
| Sommersmogpotential kg Methen-Äq.             | 344,0                                    | 114 | 334,6  | 111   | 274,2                                       | 91  | 268,3  | 89    | 301,8                       | 100 |
| — pro m² WF                                   | 2,8                                      | 139 | 2,8  | 135   | 2,3   | 111 | 2,2  | 108   | 2,0                         | 100 |
| Abiotischer Ressourcenverbrauch kg Sb-Äq.     | 119.106                                  | 73  | 27.172   | 17    | 110.484                                     | 67  | 26.349                                       | 16    | 164.136                     | 100 |
| — pro m² WF                                   | 979                                      | 89  | 223  | 20    | 909   | 82  | 217  | 20    | 1.106                       | 100 |
| Primärenergie erneuerbar MJ                   | 243.516                                  | 70  | 18.996.168                                     | 5.473 | 233.172                                     | 67  | 17.937.497                                   | 5.168 | 347.066                     | 100 |
| — pro m² WF                                   | 2.003                                    | 86  | 156.218  | 6.680 | 1.918                                       | 82  | 147.512                                      | 6.307 | 2.339                       | 100 |
| Primärenergie nicht erneuerbar MJ             | 11.989.490                               | 80  | 6.357.234                                      | 43    | 11.429.094                                  | 77  | 6.275.195                                    | 42    | 14.897.816                  | 100 |
| — pro m² WF                                   | 98.598                                   | 98  | 52.280   | 52    | 93.989                                      | 94  | 51.605                                       | 51    | 100.390                     | 100 |

Abbildung. 8-42: Datenvergleich Ökologie gegen Referenzhaus Kalksandstein

Beim Treibhauspotential sparen die gasbeheizten Häuser ca. 6% ein, die mit Holz beheizten Häuser erhalten CO<sub>2</sub> Gutschriften, die bis in die Größenordnung von 130 bis 230% gehen über 80 Jahre. Beim Ozonschicht-Abbaupotential unterschreiten die Brettstapelhäuser das Referenzhaus um ca. 50%, beim Versauerungspotential um ca. 14%. Beim Überdüngungspotential liegen die Brettstapelhäuser um 7 - 15% unterhalb, beim Sommersmogpotential um 8 - 37% oberhalb des Referenzhauses. Im Bereich nicht erneuerbare Primärenergie liegen die gasbeheizten Häuser nahezu gleich auf mit dem Referenzhaus, die Holzbeheizten Häuser liegen um ca. 50% unterhalb des Referenzhauses. Die tabellarische Auswertung in Säulenform zeigt besser als der Zahlenvergleich die CO<sub>2</sub>-Gutschriften der Holzbeheizten Gebäuden und die großen Unterschiede im Bereich der erneuerbaren und nicht erneuerbaren Primärenergie.

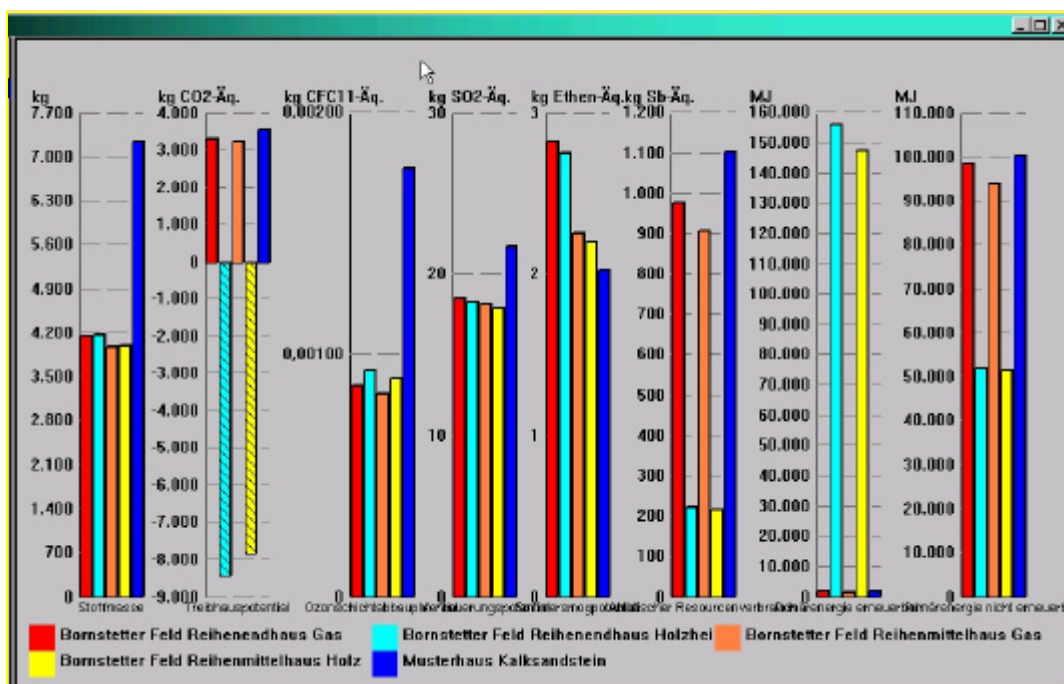
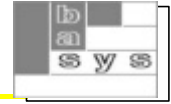


Abbildung. 8-43: Variantenvergleich Ökologie Referenz Kalksandsteinhaus



## 9 Ausblick und F&E-Bedarf

### 9.1 Ausblick

Das Verbundvorhaben BASYS erbrachte in unserem Teilvorhaben viele neuen Erkenntnisse im Bereich der Brettstapel-Technologie, dort vor allem bei der brettstapelgerechten Haustechnik-Installation.

Nachfolgend werden die derzeit zu erwartenden Fortführungen der Ergebnisse über das Verbundvorhaben hinaus kurz dargestellt.

#### 9.1.1 Brettstapel-Elementkatalog

Der im Rahmen des Verbundvorhabens BASYS erarbeitete Elementkatalog wird von der Edition AUM GmbH in den Standard-Element-Katalog aufgenommen und in digitalisierter Form angeboten. Damit steht ca. 5000 Datennutzer des Verlages dieser Katalog zur Verfügung. Da die Elemente mit den entsprechenden Ausschreibungstexten, Baupreisen, bauphysikalischen Daten und ökologischen Daten ausgestattet sind, können auch Architekten und Handwerker mit geringen Erfahrungen sich an diesen Angaben orientieren. Dies wird der Markteinführung dieses Bausystems förderlich sein.

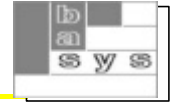
Der Elementkatalog wird auch in visualisierter Form im Internet angeboten – Adresse: [www.bauelemente-katalog.de](http://www.bauelemente-katalog.de). Hier werden komplette Funktionseinheiten wie Wand- oder Dachkonstruktionen mit ihren Lebenszyklusdaten in Form von Zeichnungen, Graphiken und Tabellen dargestellt.

#### 9.1.2 Brettstapelverband

Dem Verband der Brettstapelhersteller wurde bereits in zwei Präsentationen Teilergebnisse des Forschungsvorhabens vorgestellt. Nach Abschluss des Vorhabens und Herstellung der CD-ROM ist geplant den Mitgliedern das Gesamtergebnis in einer Tagesveranstaltung zu präsentieren. Dabei soll den Verbandmitgliedern nicht nur der Elementkatalog mit den Berechnungsmöglichkeiten der LEGOE-Software vorgeführt werden, sondern vor allem die Vorteile einer integrierten Gesamtlösung, vom Entwurf bis zum Gebäudepass bzw. Betriebsanleitung. Das Forschungsergebnis könnte damit den ersten Baustein liefern für ein lebenszyklusorientiertes Franchise-System des Verbandes.

#### 9.1.3 Nachhaltigkeits-optimiertes BASYS-Systemhaus

Die innerhalb des Verbundvorhabens BASYS hinsichtlich Nachhaltigkeit entwickelten sehr hochwertigen Lösungen im Bereich Haustechnik, Haustechnik-Integration, brettstapelgerechte Lösungen, optimierte Verteilsysteme und optimierte Grundrisse sollen weiter verfolgt werden.



Gemeinsam mit Büro J. Eble Architektur, Tübingen und eventuell weiteren Partnern aus dem Verbundvorhaben, ist geplant ein nachhaltigkeits-optimiertes BASYS-Systemhaus aus Brettstapelholz zur Umsetzung zu bringen.

Die Grundlagen zur Umsetzung wurden während des Projektes weitestgehend erarbeitet, in

## 9.2 F&E-Bedarf

### 9.2.1 LEGOE-Elemente-Erweiterung „Reverse Engineering“

Die Lebens-Zyklus-Bewertungssoftware LEGOE hat derzeit noch keine Möglichkeit implementierte Aussagen zu Umnutzbarkeit, Nachrüstung bzw. Reverse Engineering zu generieren.

Als erster Schritt ist angedacht, zumindest Attribute den Feinelementen über angehängte Texte ohne Klassifizierung zuzuordnen.

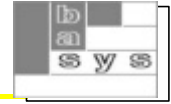
Das Feinelement „reversierbarer Sockelkanal“ hätte dann z.B. die höchste Klassifikation mit „bestens geeignet“, der Medienkanal aufgrund nur teilweiser Zugänglichkeit höchstens „gut geeignet“. Nächster Schritt ist dann die Überführung dieser verbalen Beschreibung in bewert- und vergleichbare Zahlenklassifizierung, so dass ein Bauteil oder Gebäude in der Summe bewertet und verglichen werden kann.

### 9.2.2 Lebenszyklus-Kosten einzelner Haustechnik-Elemente

Bisher können Gebäude-Lebenszyklus-Kosten zwar mit hinreichender Genauigkeit ermittelt und somit auch gegenüber anderen Gebäuden optimiert werden. Eine Vergleichbarkeit bis zum einzelnen Feinelement ist derzeit jedoch nicht in allen Bereichen mit der gewünschten Genauigkeit durchführbar. Vor allem im Bereich der Haustechnik sind die Baupreise extrem abhängig von der eingesetzten Montagetechnik, Vorfertigungsgrad usw. daß die Daten über längere Zeiträume kaum belastbar sind. Zum anderen sind die zur Verfügung stehenden Lebenszyklusdaten für technische Systeme erheblich geringer fundiert und belastbar, als die Zyklusangaben im Bereich der Gebäudekonstruktionen.

Im Sinne einer umfassenden Nachhaltigkeitsbetrachtung ist es erforderlich Optimierungen nicht nur auf Basis gesamter Baugruppen (z.B. Wasser-Verteilung oder Heizwärme-Erzeugung) durchzuführen, sondern die Vergleichbarkeit soll bis zu einzelnen prägnanten Qualitätsunterschieden hin möglich sein.

Beispielsweise ist die Revisionierbarkeit, Kondenswassersicherheit und Nachrüstbarkeit verschiedener Wasserqualitäten bei den betrachteten Rohr-in-Rohr-Systemen mit Einzel-Zapfstellen-Versorgung (4.2.2.4) in derzeitigen Berechnungen nicht bewertbar. Dies sind jedoch für die Lebenszyklus-Betrachtung immanent wichtige Punkte im Vergleich mit z.B. konventionellen Kunststoff-, Kupfer- oder Verbundrohr-Verteilungen.



### 9.2.3 Lebenszyklus-Betrachtung „Gesundheit, Wohlbefinden, Komfort“

Für Bau- und Haustechnik existieren derzeit ausschließlich objektiv messbare Bewertungsgrößen wie Massenstrom, Investitions-, Wartungs-, Reinigungs- und Entsorgungskosten, Emissionen, etc..

Im Verbundvorhaben BASYS stehen jedoch auch die menschlichen Bedürfnisse im Fokus. Das heisst Gesundheit, Wohlbefinden und Komfort sind wichtige Kriterien bei der Systemerstellung und Produktauswahl die über vergleichende Bewertungen mit in die Entscheidungen einfließen sollten.

Dass z.B. eine Niedertemperatur-Wandheizfläche gegenüber herkömmlichen Radiatoren oder Konvektoren entscheidende Vorteile aufweist ist unbestritten. Geringere Staubaufwirbelungen erhöhen den Gesundheitsaspekt, wärmeabstrahlende Wände werden physiologisch als sehr angenehm empfunden und über die äußerst geringe Speichermasse der Wandheizflächen lässt sich eine sehr flink regelbare, komfortable Wärmequelle realisieren.

Innenraumlufbelastungen können heute zwar nachträglich gemessen werden. Vorhersagen durch den Einsatz bestimmter Konstruktionen bzw. Materialien wären aber wünschenswert, um nachträglich teure Sanierungen vermeiden zu können.

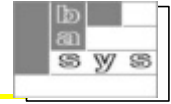
Die Qualität der Raumluf kann im Rahmen konzeptioneller Überlegungen auf der Basis olf/decipol bzw. auf der Basis der Bewertung einer Konzentration von Schadstoffen (z.B. TVOC als Summenparameter für flüchtige organische Verbindungen bzw. Formaldehyd als Einzelsubstanz) beurteilt werden. Für decipol (qualitative Bewertung des Geruches in Räumen) liegen Vorschläge für eine Einstufung in Qualitätsklassen (C,B,A) vor, für TVOC existieren Orientierungswerte, die eine Einstufung in „unbedenklich“, „Irritationen möglich“, „Belästigungsbereich“ und „toxischer Bereich“ erlauben.

Eine rechnerische Abschätzung der Raumlufqualität im Planungsprozess wird über die Verknüpfung von Materialeigenschaften (Emissionsfaktoren), Geometriedaten der Räume (Flächen der Bauteile) und Nutzungsbedingungen (z.B. Luftwechsel) auf der Ebene Einzelraum möglich.

### 9.2.4 Angabe und Bewertung von Risiken

Im Rahmen der Erstellung von Wirkungsbilanzen im Sinne einer effektorientierten Bewertung von Energie- und Stoffströmen werden u.a. die Kriterien Humantoxizität und Ökotoxizität verwendet. Hierbei handelt es sich um reine Summenparameter, die der gewichteten Zusammenfassung von Schadstoffemissionen dienen. Hinweise auf konkrete Risiken und Gefahren für Umwelt und Gesundheit können auf dieser Aggregationsstufe nicht gegeben werden.

Neben dem Ziel einer Aggregation von Energie- und Stoffströmen und ihrer effektorientierten Bewertung strebt der LEGOE-Ansatz zusätzlich die Lokalisierung von Risiken bereits während der Planung an. Beabsichtigt ist die Unterstützung eines präventiven prozess- und produktintegrierten Umwelt- und Gesundheitsschutzes. Zur Sichtbarmachung, Minimierung



und Abwehr konkreter Risiken und Gefahren für Umwelt und Gesundheit besteht bei den am Bau Beteiligten folgender Informationsbedarf:

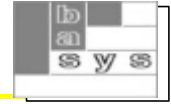
- a1** Risiken und Gefahren für Bauausführende während der Bauprozesse im Rahmen des Errichtens, Instandhaltens und Abreißens von Bauwerks
- a2** Risiken und Gefahren für die Umwelt während der Bauprozesse im Rahmen des Errichtens, Instandhaltens und Abreißens von Bauwerken (z.B. Bodenverunreinigungen)
- b1** Risiken und Gefahren für Nutzer während der Nutzungsphase (z.B. Emissionen aus Baustoffen in die Raumluft)
- b2** Risiken und Gefahren für die Umwelt während der Nutzung (z.B. Auswaschungen (Eluate) aus äußeren Bauteiloberflächen)

Risiken für die Umwelt und Gesundheit können u.a. über die Angabe von R-Sätzen (standardisierte Bezeichnung besonderer Gefahren im Zusammenhang mit der gebräuchlichen Handhabung und Verwendung gefährlicher Stoffe und Zubereitungen) beschrieben werden. Im Sinne einer Zusatzinformation können R-Sätze durch die Angabe genormter Sicherheitsratschläge (S-Sätze) ergänzt werden. Ein zusätzliches Indiz für das Vorhandensein von Risiken für Umwelt und Gesundheit im Zusammenhang mit der Verwendung von Stoffen oder Zubereitungen sind stoff-/produktspezifische MAK- bzw. MIK-Werte und/oder Angaben zur Wassergefährdungsklasse.

Konkrete Risiken für Umwelt und Gesundheit bei der Be- und Verarbeitung von Stoffen und Zubereitungen (hier Bauprodukten) während der Errichtung, Instandhaltung und des Abrisses von Bauwerken sind zunächst der Leistungsposition (Feinelement) zuzuordnen, innerhalb derer die Anwendung erfolgt. Notwendig ist eine Erfassung und Bewertung jeder „Schicht“ bzw. jedes „Prozesses“. Anzugeben sind Risiken und Gefahren für den Liefer- und Verarbeitungszustand.

Durch geeignete Interpretations- und Präsentationstechniken soll auf der Ebene Element aufgezeigt werden können, ob und welche Risiken im Zusammenhang mit der Ausführung von Bauprozessen zu erwarten sind und welche Vorsorgemaßnahmen ggf. ergriffen werden können. Mit der Datenbank WINGIS des Gefahrstoffinformationssystems der Bauberufsgenossenschaften liegt eine geeignete Grundlage vor. Bei der Verarbeitung von Bauhilfsstoffen (z.B. Klebern u.a.) kann ggf. das Problem auftreten, daß diese zunächst produktneutral behandelt und daher ohne produktspezifische R- und S-Sätze in den Datenbanken der Edition AUM vorgehalten werden. Die Lösung besteht im Austausch der produktneutralen gegen produktspezifische Eigenschaften von „Schichten“ und „Prozessen“ im Planungsfortschritt.

Für die Nutzungsphase sind Angaben zu den Bauprodukten erforderlich, die ihren Nutzungszustand betreffen. I.d.R. ist eine Angabe und Bewertung der Bauprodukte ausreichend, die unmittelbar an die Innenraumluft grenzen bzw. die äußere Hülle des



Bauwerks gegen Luft, Wasser und Boden bilden. In erster Näherung ist anzugeben, ob und welches Potential für eine Ausgasung oder Auswaschung von Substanzen besteht. Zusätzlich zum Fall „bestimmungsgemäße Nutzung“ sind Informationen für Sonderfälle (Brand, Überschwemmung, Explosion u.a.) erforderlich.

Durch geeignete Interpretations- und Präsentationstechniken soll auf der Ebene „vollständiger Schichtenaufbau“ des Elementes der mögliche Beitrag zu Risiken für Umwelt und Gesundheit während der Nutzungsphase aufgezeigt werden.

### 9.2.5 Anwendung von LEGOE im Baubestand

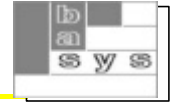
Ein neu zu errichtendes Gebäude wird mittels der Neubauelemente beschrieben. Neubauelemente beschreiben Teile von zu errichtenden Bauwerken im eingebauten Zustand. Sie repräsentieren somit sowohl Bauprodukte als auch Bauleistungen. Neubauelemente werden aus Leistungspositionen zusammengesetzt.

Ein bestehendes Gebäude muß mit entsprechenden Bestandselementen beschrieben werden, bevor die Erneuerungsmaßnahmen mit der Elementmethode durchgeführt werden können. Bestandselemente beschreiben Teile von existierenden Bauwerken im eingebauten Zustand. Sie ergänzen die Neubauelemente und repräsentieren vorzugsweise heute nicht mehr übliche Baukonstruktionen und Haustechnikanlagen, die im Bestand anzutreffen sind. Sie dienen zur modellhaften Abbildung existierender Bauwerke im Rahmen der Planung von Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen. Bestandselemente werden erst im Rahmen einer Ausbaustufe von LEGOE entwickelt. Bestandsveränderungen können über die Kombination von Abriss- mit Neubauelementen beschrieben werden.

Es ist prinzipiell möglich, die innerhalb von LEGOE angewendete Methode einer Beschreibung von Gebäuden über Elemente sowohl für zu planende Neubauten als auch für bereits existierende Bauwerke einzusetzen. Für die gewählte Technologie ist es unerheblich, ob das mit Elementen zu verknüpfende Gebäudemodell Ergebnis planerischer Überlegung bzw. das Resultat einer Bauwerksaufnahme ist. Insofern ist es denkbar, LEGOE für eine Beschreibung und Bewertung vorhandener Bausubstanz einzusetzen und in der Planung von Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen anzuwenden. Im Unterschied zum Neubau müssen für die Beschreibung vorhandener Gebäude spezielle Elemente („Bestands-Elemente“) verwendet werden, deren Energie- und Stoffstrom von der ursprünglichen Herstellung bis zum Zeitpunkt der Bestandsaufnahme auf Null gestellt und damit als abgeschnitten betrachtet wird. Ggf. kann es sinnvoll sein, den in den Bestands-Elementen vergegenständlichten Energie- und Stoffstrom, der nun einer weiteren Nutzung zugeführt wird, als Sonderposition im Sinne eines Wieder- oder Weiterverwendungsanteils auszuweisen.

Neubau-Elemente sind in LEGOE automatisch mit Instandsetzungs-Elementen verknüpft - der Instandsetzungs-Zyklus wird durch die Angabe von Szenarien gewählt. Die Simulation des Lebenszyklusses eines Neubaus geht zunächst davon aus, daß gravierende Umbau-



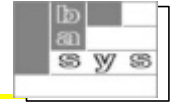


oder Modernisierungsmaßnahmen nicht stattfinden.

Die Beschreibung eines existierenden Gebäudes über Bestands-Elemente muß aktuell auf den vorgefundenen Bauzustand und den sich ergebenden Instandsetzungs- und Modernisierungsbedarf reagieren. Eine automatische Verknüpfung von Bestands-Elementen mit Instandhaltungs-Elementen ist nicht zweckmäßig, jedoch in Ausnahmefällen manuell möglich – z.B. im Falle einer reinen Bestandsaufnahme ohne Umbau- und Sanierungsplanung. I.d.R. wird zur Beschreibung von notwendigen Instandsetzungs- und Modernisierungsmaßnahmen die manuelle Verknüpfung von Bestands-Elementen mit Instandsetzungs- und Modernisierungs-Elementen erforderlich. Diese können meist aus vorhanden Abriss-, Neubau- und Instandsetzungs-Elementen zusammengesetzt werden – für einige Sanierungs-Technologien sind sie gesondert zu entwickeln. Es ist möglich und zweckmäßig, die Instandsetzungs- und Modernisierungs-Elemente automatisch mit Instandhaltungs-Elementen zu verknüpfen, um den weiteren Lebensweg des sanierten Bauwerkes zu simulieren.

Für eine Beschreibung von Bestands-Elementen kann u.a. eine erkennbare Trennung der Teile sinnvoll sein, die bei einer Sanierung/Modernisierung i.d.R. weiterverwendet (z.B. Mauerwerk) bzw. ersetzt/verändert (z.B. Innen- und Außenputz) werden. Es ergibt sich ggf. die Zwischenform „für eine Sanierungs-/Modernisierungsmaßnahme vorbereitetes Bestands-Element“.

Für die Instandsetzungs- und Modernisierungsplanung kann es notwendig sein, vorhandene Flächen der Elemente in Teilflächen (ggf. über %) zu unterteilen, um z.B. eine Putzausbesserung zu beschreiben.



## 10 Ergebniskontrollbericht

### 10.1 Förderpolitische Ziele des Förderprogramms und eigene Ergebnisse

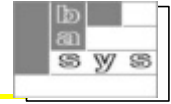
Das Förderprogramm des BMBF „Bauen und Wohnen im 21. Jahrhundert“ sieht Forschungsbedarf auf vier Ebenen:

- ? Soziales: Befunde und Ziele
- ? Ökologie: Ressourcenschonung als Herausforderung
- ? Ökonomie: Kosten senken, Märkte sichern
- ? Die kulturelle Dimension: Planung und lokale Identität

Im Bereich „Ökologie“ sollen Strategien zur Verringerung des Flächen- und Stoffverbrauchs erarbeitet werden. Dieser Aspekt soll – unter anderem - in fünf Förderschwerpunkten bearbeitet werden. Der Förderschwerpunkt „Bauforschung- und Bautechnik“ verfolgt das Ziel, die Bauwirtschaft dabei zu unterstützen, ihre Existenz durch Forschung und Innovation im kostengünstigen Wohnungsbau sowie in Instandsetzung und Modernisierung zu sichern sowie zukunftssichere, qualifizierte Arbeitsplätze zu schaffen.

Das Verbundprojekt „BASYS“ wurde gefördert, da

- ? Informations- und Kommunikationssysteme zur Integration von Planung- und Ausführung mit der gemeinsamen Internetplattform und dem virtuellen Büro entwickelt und eingesetzt wurden;
- ? Vorfertigung als zukunftssträchtiger Innovationspfad bei der Bauwerkserstellung mit der Brettstapeltechnologie weiterentwickelt wurde;
- ? teilautomatisierte Bauverfahren und –techniken mit der CAD-CNC-Kette angewendet wurden und durch die Integration der Haustechnikinstallation in das Herstellungsverfahren die Baustellenzeit weiter verkürzt werden kann;
- ? durch den Einsatz der elementbasierten Programme Validierungen der Planung unter dem Aspekt Ökonomie und Ökologie projektbegleitend möglich sind.



Das Teilvorhaben hat sich vor allem mit den Aspekten des Lebenszyklus von Gebäuden und dessen Bilanzierung auseinandergesetzt. Dadurch kann der Ressourcenbedarf für Baustoffe als auch für Energie abgeschätzt und minimiert werden.

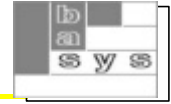
## 10.2 Wissenschaftlich-technisches Ergebnis, Nebenergebnisse und gesammelte Erfahrungen

Das Teilvorhaben „Lebenszyklusmodell mit Element- und Bauleistungssystematik und Projektkoordination“ erbrachte den Nachweis, daß ein komplexes Bausystem mittels eines Elementkataloges, der auf dem Schichtenmodell aufbaut, vollständig beschrieben werden kann. Die Elementinformationen können mit grafischen Objekten der CAD-Software verknüpft werden, so daß diese zusätzlich semantische Informationen beinhalten. Diese Informationen können über geeignete Schnittstellen mit einem Berechnungswerkzeug gelesen und ausgewertet werden. Durch die weitere Verknüpfung der Erstellungselementen mit sogenannten Folgeelementen ist die Beschreibung eines komplexen Lebenszyklus als Voraussage möglich.

Der Elementkatalog ist offen angelegt und Erweiterungen aufgrund technologischen Fortschritts jederzeit möglich. Der Katalog sieht keinerlei Standardisierung vor, obwohl er diese für einen einzelnen Produzenten jederzeit zuläßt. Es können beliebige Unikate durch einen Architekten erstellt werden.

Die projektbegleitende Berechnung der Kosten, der Lebenszykluskosten, des Wärmebedarfs und Energieverbrauchs und der ökologischen Belastung ist durch eine einmalige Eingabe des Datensatzes möglich. Die Berechnungsergebnisse können einer Bewertung unterzogen werden. Die Anpassung bzw. Optimierung der Planung an die Planungsziele kann sofort erfolgen. Die Einarbeitungszeiten in das Programm für Architekten ist mit 4 – 8 Stunden sehr gering.

Der Ergebnisvergleich mit veröffentlichten Kennwerten bewies die Plausibilität und Konsistenz der erzeugten Berechnungsergebnisse. Die Brettstapeltechnologie hat sich als ressourcensparende und umweltentlastende Bautechnik erwiesen.



## 10.3 Fortschreibung des Verwertungsergebnisses

### a. Erfindungen und Schutzrechte

Für das Programm LEGOE wurden die Markenschutzrechte beim Deutschen Patentamt beantragt und erteilt.

### b. Wirtschaftliche Erfolgsaussichten mit Zeithorizont und wirtschaftlich-funktionale Vorteile im Betrieb

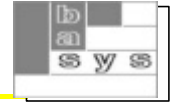
Die Software wird seit Ende 2002 vom Verlag Edition AUM GmbH in Dachau angeboten und vertrieben. Sie wird vor allem von Hochschulinstituten und privaten Instituten nachgefragt und eingesetzt. Architekten machen sich mit der Lebenszyklusbetrachtung von Bauwerken nur zögerlich vertraut. Die Messeerfahrungen zeigen ein Interesse vor allem bei den Projektentwicklern, den Kostencontrollern und der Wohnungswirtschaft. Hier wurden seit der ACS Messe 2002 erfolgversprechende Kontakte geknüpft. In 2003 erwarten wir ca. 50 verkaufte Lizenzen und den Beginn der Refinanzierung eines Teils der Entwicklungskosten.

### c. Wissenschaftliche und /oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende

Durch Präsentation auf verschiedenen Kongressen z.B. „Thermische Solarenergie“ Otti Kolleg 2002, „Bauen mit Computern“ VDI Kongress 2002, „Ökologie in Städte- und Wohnungsbau“ Handwerkskammer Hamburg 2002, konnten die Ergebnisse Dritten mit vorgestellt werden. Der Verlag ist mit seinem Verlagsprogramm auf allen wichtigen Baumessen in Deutschland vertreten. Das LEGOE-Programm und die Sirados-Datenbank kann von jedem Architekten oder Planer erworben und in der täglichen Arbeit eingesetzt werden. Durch diese Marketing-Aktivitäten, die auch 2003 fortgesetzt werden, wird der Bekanntheitsgrad der Werkzeuge erheblich gesteigert.

### d. wissenschaftlich und/oder wirtschaftliche Anschlußfähigkeit für eine nächste Phase in der Umsetzung der F- und E-Ergebnisse

Der Brettstapelelementkatalog, die Vorteile der CAD-CNC-Produktion von Brettstapelelementen und die vollständige Dokumentation des Gebäudes mit Wartungsanleitung ist dem Brettstapelverband mit Sitz in Stuttgart in Auszügen vorgestellt worden. Nach Abschluß der Forschungsarbeit soll eine gesamte Dokumentation des Projektes dem Verband auf CD-ROM zur Verfügung gestellt werden. Die Verbundpartner wollen die im Verband zusammengeschlossenen Firmen von den im Projekt bearbeiteten Aspekten informieren und von den wirtschaftlichen Vorteilen überzeugen:



- ? Höherer Vorfertigungsgrad
- ? Integrierte Haustechnik
- ? Lebenszyklusbezogene Gebäudebilanzierung
- ? Gebäudedokumentation
- ? Wartungsanleitung

## 10.4 Arbeiten, die keine Lösung gefunden haben

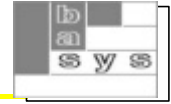
Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden alle Aspekte des Teilvorhabens bearbeitet und mit dokumentierbaren Ergebnissen abgeschlossen. Die Ökobilanzierung von Detaillösungen kann in Einzelfällen nicht in der gewünschten Differenzierung durchgeführt werden, da spezifische Sachbilanzmodule nicht verfügbar sind.

## 10.5 Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer, Messen, CD-ROM, Internet

Eine CD-ROM des Gesamtprojektes wurde erstellt. Die Ergebnisse werden zudem auf der Internetseite des Projektes „Basysnetz.de“ veröffentlicht.

## 10.6 Einhaltung von Kosten und Zeitplan

Das Verbundvorhaben und das Teilvorhaben wurde im Rahmen des eingereichten Kosten- und Zeitplanes fertiggestellt.



## Fachliteratur

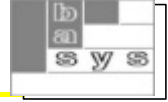
Die Berechnungsergebnisse wurden mit zugänglichen Quellen verglichen, verifiziert und die Rechengänge innerhalb des Systems kalibriert. Folgende Literatur wurde dazu verwendet:

### Kosten

- BKI Baukosten-Informations-Zentrum (2001: Kostenkennwerte für Bauelemente. Teil 2 , Stuttgart)
- BKI Baukosten-Informations-Zentrum (2001: Objekte Niedrigenergie- und Passivhäuser, Aktuelle Baukosten und Planungshilfen. Teil E 1 , Stuttgart)
- BKI Baukosten-Informations-Zentrum (2001: Arbeitsunterlagen. Teil 3, Stuttgart)
- Winkler, Walter; Fröhlich Peter (1998): Hochbaukosten, Flächen, Rauminhalte - Kommentar zu DIN 276, DIN 277, DIN 18022 und DIN 18960. 10. überarb. Aufl., Braunschweig/Wiesbaden
- Möller, Dietrich-Alexander (2001): Planungs- und Bauökonomie Band 1: Grundlagen der wirtschaftlichen Bauplanung. München
- Keller, Siegbert (1995) Baukostenplanung für Architekten. Wiesbaden/Berlin;
- Internet-Adresse: <http://www.bayern.de/ifstad/aktuell/baupreisindex.html>;  
Baupreisindex für Wohngebäude in Bayern nach verschiedenen Basisjahren. Stand 13.02.2002
- DIN 276: Kosten im Hochbau. Ausgabe Juni 1993
- DIN 277 Teil 1: Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau, Begriffe und Berechnungsgrundlagen. Ausgabe Juni 1987
- DIN 4108 Teil 5: Wärmeschutz im Hochbau, Berechnungsverfahren. Ausgabe August 1981
- SirAdos-Baudaten (2002) Dachau
- SirAdos-Baudaten Facility Management (2002) Dachau
- LEGOE Software (2002) Dachau

### Lebenszykluskosten

- DIN 18960 (1999)
- Der umweltbewusste Gebäudereiniger- Leitfaden; Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen. München 2002
- Jones, Lang, Lasalle. Oskar 2002 Büronebenkostenanalyse. Hamburg 2002
- Betriebskosten von Hochbauten, Baden-Württemberg 1992



- Leitfaden für Nachhaltiges Bauen, BMVBW Berlin 2000.
- Regensburger Betriebskostenspiegel, Mietverein Regensburg, Regensburg 2000
- Lebensdauer von Holzhäusern, Informationsdienst Holz, Düsseldorf 2001
- Hirschberger Heinz, et al., Senkung der Baufolgekosten durch systematische und zustandsabhängige Erhaltung von Gebäuden und Langzeit-kostenoptimale Baustoffwahl, Stuttgart 1998.
- Tomm Arwed, Rentmeister, Oswald, Finke, Heinz; Geplante Instandhaltung, Aachen 1995.

## **Energie und Wärme**

- Leitfaden: Elektrische Energie im Hochbau, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 2000
- VDI 3807 Blatt 3, Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude und Grundstücke, Juli 2000.
- Pistohl, Wolfram, Handbuch der Gebäudetechnik, Werner Verlag 1997

## **Ökologie**

- Eyerer, Peter, Reinhard, Hans-Wolf, Ökologie Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden, Birkhäuser 1999
- Kohler, Niklaus et al., Lebenszyklusbezogene Bewertung von Gebäuden - Methoden und Vergleiche; Forschungsarbeit ifib, Uni Karlsruhe, 1998
- Environmental Performance Indicators for Sustainable Construction, a sustainability working group report BRE, Watford, 2000
- 12. Schweizerisches Status-Seminar Energie- und Umweltforschung im Bauwesen, Zürich 2002; hier: Frischknecht Wolf, EcolInvent-Datenbank, die Datenbank des Schweizer Zentrums für Öko-Inventare oder Winzeler Regula et al.; Althaus Hansjörg et al., Evaluationsprogramm OGIP, Evaluation der ökologischen Datenbank und Bewertungsmethodik des Programms OGIP schwerpunktmäßig bezüglich Holzbauteilen und Holzkonstruktionen.
- Immapass-Leitfaden, Leitfaden zu den Beurteilungskriterien des Immapasses für Wohngebäude, veröffentlicht von DEKRA ETS Saarbrücken 2000 und HypoVereinsbank AG München



---

Joachim Eble Architektur  
Tübingen

**Verbundvorhaben:** Lebenszyklusoptimierte  
Systemlösung für verdichteten Wohnungsbau  
mit Massivholztechnologie (basys)

**Teilvorhaben:** Anforderungen, Typologien,  
Bausystementwicklung, Integration  
Ausbausysteme, Demonstrationsobjekt

Abschlußbericht über ein Forschungsprojekt  
Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit  
Mitteln des Bundesministerium für Bildung und Forschung unter  
dem Förderkennzeichen 19 W0032B gefördert. Die  
Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim  
Autor Dipl. Ing. Architekt Joachim Eble

Tübingen, August 2002





## Inhaltsverzeichnis

|          |   |             |
|----------|---|-------------|
| <b>1</b> | <b>Kurzfassung</b>  | <b>1-5</b>  |
| <b>2</b> | <b>Ausgangslage und Zielsetzung</b>                       | <b>2-8</b>  |
| 2.1      | Integrierte Planung                                       | 2-8         |
| 2.2      | Verdichteter Wohnungsbau                                  | 2-10        |
| 2.3      | Brettstapeltechnologie                                    | 2-11        |
| 2.4      | Zielsetzung   | 2-12        |
| 2.4.1    | Gesamtziel des Verbundprojektes                           | 2-12        |
| 2.4.2    | Wissenschaftliche und technische Zielsetzung              | 2-12        |
| 2.4.3    | Ziele des Teilvorhabens                                   | 2-13        |
| <b>3</b> | <b>Anforderungskatalog</b>                                | <b>3-14</b> |
| <b>4</b> | <b>Städtebau- und Wohnbautypologien</b>                   | <b>4-17</b> |
| 4.1      | Abgrenzung des Anwendungsrahmens                          | 4-17        |
| 4.2      | Wohnbautypologien   | 4-19        |
| 4.2.1    | Einfamilienhäuser   | 4-19        |
| 4.2.1.1  | Reihenhaus breit  | 4-20        |
| 4.2.1.2  | Reihenhaus schmal   | 4-21        |
| 4.2.1.3  | Einfamilienhaus quadratisch                               | 4-22        |
| 4.2.1.4  | Reihenhaus quadratisch                                    | 4-23        |
| 4.2.1.5  | Kettenhaus  | 4-24        |
| 4.2.2    | Mehrfamilienhäuser  | 4-25        |
| 4.2.2.1  | Geschoßwohnungsbau Punkthaus                              | 4-26        |
| 4.2.2.2  | Geschoßwohnungsbau Zeile                                  | 4-27        |
| 4.2.2.3  | Geschoßwohnungsbau Laubenganghaus                         | 4-28        |
| 4.2.2.4  | Geschoßwohnungsbau Laubenganghaus mit Maisonettewohnungen | 4-29        |
| 4.2.2.5  | Geschoßwohnungsbau Sonderformen                           | 4-30        |
| <b>5</b> | <b>Planung und Simulation</b>                             | <b>5-31</b> |
| 5.1      | CAD   | 5-31        |

---

|          |  |             |
|----------|--|-------------|
| 5.2      | Musterhaus   | 5-32        |
| 5.3      | Integrierte Lebenszyklusberechnung                     | 5-35        |
| 5.3.1    | Abbildung basys-Elementkatalog in Sirados-Baudatenbank | 5-36        |
| 5.3.2    | Schnittstelle Speedikon - LEGOE                        | 5-38        |
| 5.3.2.1  | Einrichten eines Projektes                             | 5-38        |
| 5.3.2.2  | Verknüpfen von Sirados-Elementen mit CAD-Objekten      | 5-42        |
| 5.3.2.3  | Austauschdatei für LEGOE erzeugen                      | 5-44        |
| 5.3.3    | Ergebnisse der Arbeit mit Speedikon/LEGOE              | 5-47        |
| 5.4      | Schnittstellen   | 5-50        |
| 5.4.1    | Schnittstelle CAD/CNC                                  | 5-50        |
| 5.4.2    | Schnittstelle Fachplaner                               | 5-51        |
| 5.4.3    | Ausgeführtes Brettstapelmodell                         | 5-53        |
| 5.5      | Qualitätsmanagement                                    | 5-54        |
| 5.5.1    | Zeitplanung  | 5-54        |
| 5.5.2    | Arbeitsfluss   | 5-54        |
| 5.5.3    | Verfahrens- und Arbeitsanweisungen, Checklisten        | 5-56        |
| 5.5.4    | Protokolle und Beschlussbuch                           | 5-57        |
| 5.6      | Realisiertes Projekt Bornstedter Feld, Potsdam         | 5-58        |
| 5.6.1    | Beschreibung   | 5-59        |
| 5.6.1.1  | Gebäudetyp A   | 5-60        |
| 5.6.1.2  | Gebäudetyp B   | 5-61        |
| 5.6.2    | Auswertung   | 5-62        |
| 5.6.2.1  | Planung  | 5-62        |
| 5.6.2.2  | Produktion und Montage                                 | 5-63        |
| <b>6</b> | <b>Systementwicklung</b>                               | <b>6-64</b> |
| 6.1      | Tragwerk- und Baumodell                                | 6-64        |
| 6.1.1    | Ausgangspunkt Brettstapeltechnologie                   | 6-64        |
| 6.1.1.1  | Wände  | 6-65        |
| 6.1.1.2  | Decken   | 6-65        |
| 6.1.1.3  | Dächer   | 6-65        |
| 6.1.2    | Ziele  | 6-66        |
| 6.1.3    | Elementkatalog   | 6-67        |
| 6.1.3.1  | Wände  | 6-67        |

---

|          |  |              |
|----------|--|--------------|
| 6.1.3.2  | Decken   | 6-70         |
| 6.1.3.3  | Dächer   | 6-71         |
| 6.1.4    | Detailkatalog  | 6-73         |
| 6.1.5    | Integration der Haustechnik                          | 6-77         |
| 6.1.5.1  | Vertikale Leitungsverteilung                         | 6-77         |
| 6.1.5.2  | Horizontale Leitungsverteilung                       | 6-79         |
| 6.1.5.3  | Sanitär  | 6-82         |
| 6.2      | Optimierter Wohnbautyp                               | 6-84         |
| 6.2.1    | Ausgangspunkt  | 6-84         |
| 6.2.2    | Ziele und Vorgaben                                   | 6-84         |
| 6.2.3    | basys-Typ  | 6-85         |
| 6.2.3.1  | Tragsystem   | 6-86         |
| 6.2.3.2  | Grundrisse   | 6-87         |
| 6.2.3.3  | Schnitte   | 6-90         |
| 6.2.4    | Haustechnikkonzept                                   | 6-92         |
| 6.2.4.1  | Haustechnik-Verteilung                               | 6-93         |
| 6.2.4.2  | Heizung  | 6-94         |
| 6.2.4.3  | Sanitär  | 6-95         |
| 6.2.4.4  | Lüftung  | 6-95         |
| 6.2.5    | Modulare Raum- und Medienschiessung                  | 6-96         |
| 6.2.6    | Typologien für das Modulsystem                       | 6-97         |
| <b>7</b> | <b>Ergebnis und Ausblick</b>                         | <b>7-100</b> |
| <b>8</b> | <b>Ergebniskontrollbericht</b>                       | <b>8-102</b> |
| 8.1      | Beitrag zu den förderpolitischen Zielen              | 8-102        |
| 8.2      | Wissenschaftlich-Technisches Ergebnis                | 8-102        |
| 8.3      | Fortschreibung des Verwertungsergebnisses            | 8-103        |
| 8.3.1    | Erfindungen und Schutzrechte                         | 8-103        |
| 8.3.2    | Wirtschaftliche Erfolgsaussichten                    | 8-103        |
| 8.3.3    | Wissenschaftliche/Technische Erfolgsaussichten       | 8-103        |
| 8.3.4    | Wissenschaftliche/Wirtschaftliche Anschlussfähigkeit | 8-104        |
| 8.4      | Ungelöste Arbeiten                                   | 8-104        |
| 8.5      | Präsentationsmöglichkeiten                           | 8-105        |

8.6 Einhaltung von Kosten und Zeitplan

8-105

**Quellenangaben**

**Abbildungsverzeichnis**

**Anhangband**

# 1 Kurzfassung

Das vorliegende Teilvorhaben fand im Rahmen des Verbundvorhabens basys 'Lebenszyklusoptimierte Systemlösung für verdichteten Wohnungsbau mit Massivholztechnologie' statt. Die Schwerpunktthemen des Teilvorhabens sind:

'Anforderungen, Typologie, Bausystementwicklung, Integration Ausbausysteme, Demonstrationsobjekt'.

Innerhalb des Teilvorhabens bildete die systematische Weiterentwicklung der Brettstapeltechnologie im verdichteten Wohnungsbau einen Schwerpunkt. In diesem Bausystem soll sich schon von Beginn der Planung an die Intelligenz von Tragwerk/Ausbau, Haustechnik und Fertigung widerspiegeln.

Als Grundlagen hierfür wurde sowohl ein Anforderungskatalog entwickelt, als auch typologische Untersuchungen von Wohnbautypen in Bezug auf den Einsatz der Brettstapelbauweise durchgeführt.

Die Anforderungen wurden gegliedert in einzelne Bereiche formuliert und bewertet. Ergänzend wurde in einem ökologischen Bewertungskatalog, stichwortartig die Entwicklungsschritte zu einem regenerativen Wohnungs- und Siedlungsbausystem formuliert.

Als Ergebnis dieser Untersuchungen wurden die Grenzen für die Brettstapel-Systembauweise deutlich:

- Tragkonstruktion (Spannweiten max. 7,5 m, Einachsige Spannrichtung/Auskragung)
- Brandschutz (Gebäude geringer Höhe, Gebäudelänge max. 40 m, max. F30/F90)
- Schallschutz (Aufwändig im Geschosswohnungsbau)
- Gebäudetypen (freie/extreme Architektur)
- Fertigung/Montage (Elementgrößen, Transport)

Um den Anforderungen, die aus den verschiedenen Gebäudetypen resultieren, zu begegnen, wurden unterschiedliche Brettstapel-Bauelemente entwickelt und zu einem Elementkatalog mit geprüften und optimierten Konstruktionsaufbauten für Wand, Decke, Dach, .. zusammengestellt und mit Anforderungsdaten wie U-Wert, Schallschutz, .. versehen. Die optimierten Elementaufbauten waren die Grundlage für die Entwicklung eines Detailkatalogs mit Regeldetails.

Verbesserungen hinsichtlich bauphysikalischen Anforderungen, Lebenszyklusoptimierung, Tragkonstruktion, Fertigung und Montage fanden sowohl auf der Ebene des Elementkatalogs, als auch auf der Ebene des Detailkatalogs statt. Insbesondere konnte der Grad der Vorfertigung im Vergleich zu dem Begleitprojekt Bornstedter Feld deutlich erhöht werden. Durch Analyse des Planungs-, Produktions- und Montagevorgangs lieferte das Begleitprojekt Bornstedter Feld wichtige Erkenntnisse zur Entwicklung des optimierten Systems.

Aufgrund der typologischen Untersuchung wurde der quadratische Reihenhaustyp als besonders geeignet für die Weiterentwicklung der Brettstapeltechnologie im verdichteten Wohnungsbau ausgewählt, da er sowohl hinsichtlich den Anforderungen als auch hinsichtlich der Weiterentwicklung zu einem Siedlungsbausystem das größte Potential bietet. Die optimierten Elemente und Details wurden hier umgesetzt. Aufbauend auf ein Minimalhaus in Form eines 2-geschossigen Reihen-Mittelhaustyp ergeben sich vielfältige Möglichkeiten in Bezug auf Gebäudetypus, Dachformen und Geschossigkeit.

Der Integration der Haustechnik kam sowohl bei der Entwicklung des optimierten Brettstapel-Systems als auch bei der Entwicklung des optimierten Wohnbautyps besondere Bedeutung zu. Hier wurden bautechnische und konzeptionelle Lösungen entwickelt, die deutliche Verbesserungen hinsichtlich Vorfertigung und der Zugänglichkeit und Flexibilität für Nachrüstung, Wartung und Instandsetzung bieten:

- Zugängliche vertikale und horizontale Installationsebenen (Schacht, abgeh. Decke)
- Feinverteilung in werkseitig ausgeführten, nachinstallierbaren Wandkanälen
- Optimiertes Haustechniksystem (Pellet-Ofen, Lehmwandheizung)

Schnittstellen für die CAD-CAM-Kette und zu den Projektpartnern wurden vom Projektpartner ifib bereitgestellt.

Die Durchgängige CAD-CAM-Kette und die Integration der Haustechnik wurde anhand der prototypischen Fertigung eines Brettstapelmodells demonstriert. Hiermit wurde ein deutlicher Fortschritt im Vergleich zu der konventionellen Vorgehensweise (Planversand, bauseitige Haustechnikausführung) erzielt.

Der Datenaustausch und die Kommunikation mit den Projektpartnern fand über die vom Projektpartner ifib programmierte Internetplattform statt.

Für die Lebenszyklusbetrachtung (Kosten, Energie, Ökologie, Gesundheit) wurde das Simulationsprogramm LEGOE in das basys-System integriert. Grundlage hierfür war die Abbildung des Elementkatalogs in die Systematik der Sirados-Datenbank. Es wurden Schnittstellen sowohl zum CAD-Programm Speedikon, als auch als Handeingabe bereitgestellt. Auswertung wurde für das Projekt Bornstedter Feld und das Musterhaus durchgeführt. Im Vergleich zu konventioneller Massivbauweise wurden für die Brettstapelbauweise deutlich bessere Ergebnisse erzielt.

Als Ergebnis bringt die Systementwicklung beim Architekten höhere Planungs- und Kostensicherheit, sowie eine Verkürzung der Planungszeit. Die Optimierungen, insbesondere auch beim Vorfertigungsgrad, führen zu einer besseren Qualität, höherer Sicherheit bei der Ausführung, und einer Verkürzung der Montagezeiten.

Als Präsentationsmöglichkeit, speziell für Messen, wurde eine CD erstellt, auf welcher die Inhalte des Verbundvorhabens plakativ dargestellt sind. Neben dem Einzelbericht jedes Partners präsentiert die CD-ROM das Gesamtergebnis aller Projektpartner, um die Abhängigkeiten zwischen den Teilergebnissen zu verdeutlichen.

---

## 2 Ausgangslage und Zielsetzung

Das Verbundprojekt basys entwickelt lebenszyklusoptimierte Systemlösungen für den verdichteten Wohnungsbau auf der Grundlage einer innovativen Massivholztechnologie (Brettstapelbauweise) innerhalb von virtuellen Unternehmen.

Im Rahmen des Verbundprojektes stellen sich für den Architekten als Forschungsprojekt-partner schwerpunktmäßig nachfolgende Aufgaben und Ziele:

### 2.1 Integrierte Planung

Der Architekt stellt zweifellos die zentrale Figur bei einem Bauprojekt dar. Für die effiziente und fachgerechte Umsetzung eines Bauprojekts vom ersten abstrakten Entwurf bis zum gebauten Objekt benötigt er die Unterstützung von Fachplanern, insbesondere für die Haustechnik- und Statik-Planung.

Ein frühzeitiges Einbinden der Fachplaner in den Planungsprozeß und Abstimmen der eigenen Planung auf die Fachplanung, kann Fehlplanungen vermeiden und Kosten reduzieren und ist daher unabdingbar. Einen besonderen Aspekt der Integration betrifft die Fertigung. Werden fertigungsspezifische Belange in einem frühen Planungsstadium berücksichtigt, können Bauteile und Module weitgehend vorgefertigt werden. Dies kommt wiederum den Kosten, der Qualität und einer verkürzten Bauzeit zugute.

Bereits in einem frühen Planungsstadium und während der einzelnen Planungsphasen, muß der Architekt Aussagen machen können, die den Endzustand des Gebäudes betreffen. Dies betrifft vor allem die Kosten, den Energiebedarf und ökologische und gesundheitliche Aspekte. Hierzu benötigt er Simulationswerkzeuge, die dem jeweiligen Planungsstadium angepasste genaue Berechnungsergebnisse liefern. Die Bewertung dieser Ergebnisse bildet die Grundlage für Entscheidungen, die den weiteren Planungsverlauf betreffen.

Mit Einführung der EDV in den meisten Architektur- und Fachplanungsbüros sollte man meinen, dass sich dadurch die Arbeit des Planers deutlich vereinfacht hat. Die grundlegende Aufgabe ist nach wie vor, Informationen zwischen den Projektbeteiligten schnell und fehlerfrei auszutauschen, sowie für alle den gleichen Planungsstand bereitzustellen. Dies wird aber häufig dadurch erschwert, dass die Projektbeteiligten unterschiedliche Programme



bzw. Datenmodelle verwenden, die oft auch keine geeignete Schnittstelle bereitstellen, um einen verlustfreien Datenaustausch zu ermöglichen. Ein größerer Aufwand durch Mehrfacheingabe und Fehlermöglichkeiten durch doppelte, unter Umständen nicht aktuelle Datenhaltung ist die Folge.

Es ist daher erforderlich, für alle Projektbeteiligten ein einheitliches Datenmodell bzw. Schnittstellen und Programme bereitzustellen, die durchgängig, sowohl den Austausch mit Fachplanern und Fertigung, als auch die Arbeit mit Simulationswerkzeugen ermöglichen und Organisations- und Koordinationsaufgaben unterstützen (Planungsplattform).

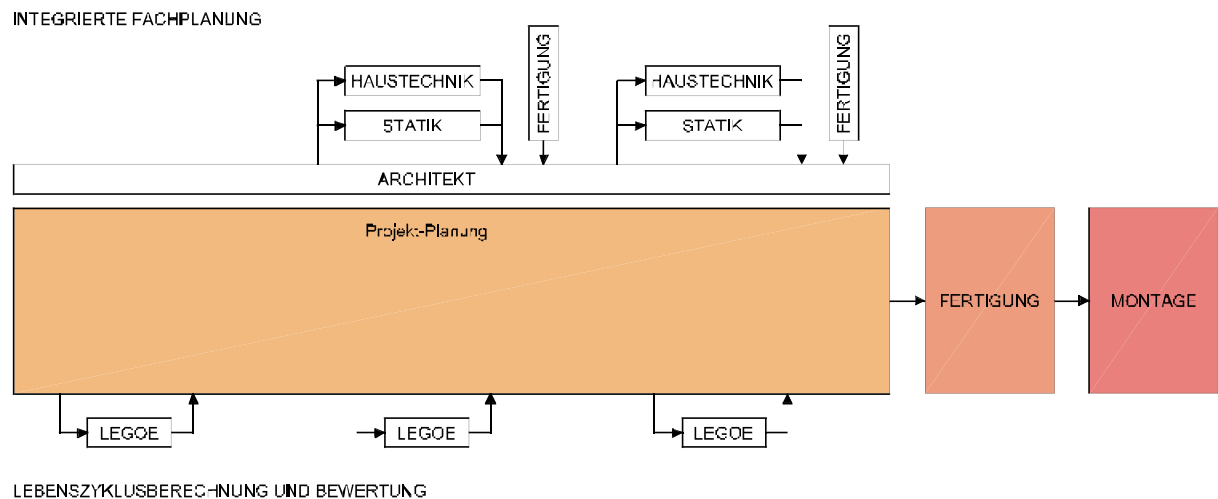


Abbildung 2-1: Ablaufschema Planung, Fertigung, Montage

## 2.2 Verdichteter Wohnungsbau

Während die Massivholztechnologie beim Bau von Einfamilienhäusern als bereits ausgereift angesehen werden kann, bietet der verdichtete Wohnungsbau z.B. in Form von Geschosswohnungsbauten und Reihenhäusern ein weites Einsatzgebiet, das einen Großteil aller neu zu erstellenden Nutzflächen betrifft.

Das Ziel, die Massivholztechnologie im verdichteten Wohnungsbau weiter zu entwickeln und zu optimieren findet nicht zuletzt vor dem Hintergrund der Forderung nach einer Reduzierung des Flächenbedarfs (Agenda 21) statt.

Abbildung 2-2: Geschossflächenzahl als Maß der Verdichtung

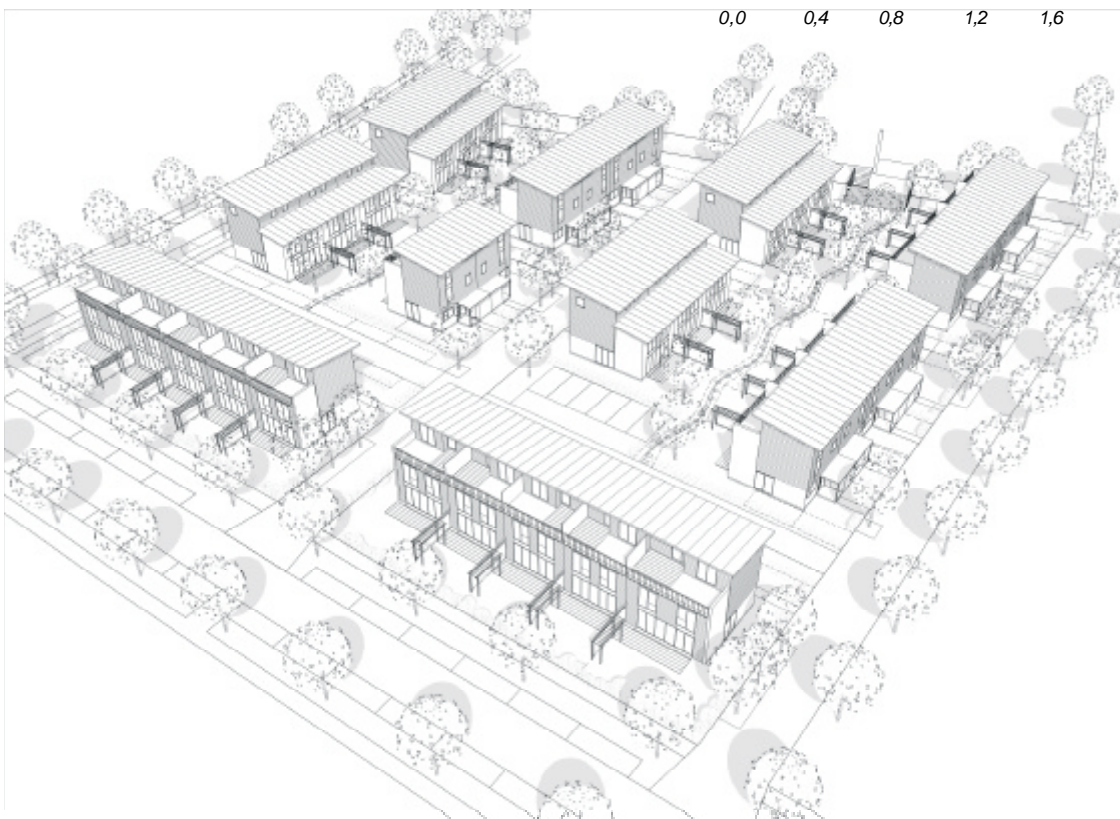
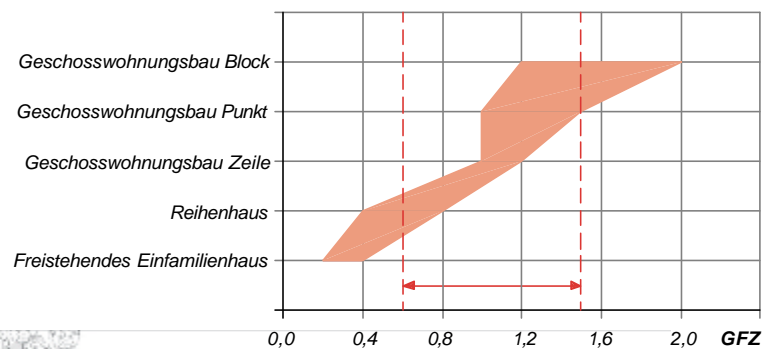


Abbildung 2-3: Verdichteter Wohnungsbau, Bornstedter Feld, Arge Brenne - Eble

## 2.3 Brettstapeltechnologie

Der Massivholzbau verbindet viele Vorteile des traditionellen Massivbaus aus Stein (Dauerhaftigkeit, aktive Masse, einfacher Aufbau) mit den Vorteilen des Holzbaus (Elementierte Vorfertigung, Anpassbarkeit Ressourceneffizienz, Behaglichkeit, geringe Umweltbelastung).

Inbesondere die Brettstapeltechnologie bietet hierbei als Massivholzbauweise ein beträchtliches Maß an Entwicklungsmöglichkeit:

- Systementwicklung mit hohem Vorfertigungsgrad  
(Industriell-elementiertes Bauen, Integration der Haustechnik)
- Hohe Produktqualität  
(Haus als Möbel, Ausbauqualität im Rohbau, Design)
- Reduzierung der Baukosten
- Verringerung der Bauzeiten



Abbildung 2-4: Wände und Decke aus Brettstapel, Arge Brenne - Eble

## 2.4 Zielsetzung

### 2.4.1 Gesamtziel des Verbundprojektes

Gesamtziele des Vorhabens sind:

Entwickeln, validieren und demonstrieren einer offener Systemlösung für die Planung und Fertigung von Unikaten im verdichteten Wohnungsbau auf Grund einer innovativen Massivholztechnologie (Brettstapelbauweise).

- Entwickeln langfristig optimaler Lösungen durch geringe Gesamtkosten, hohe Dauerhaftigkeit, hohe Flexibilität, langfristige Anpassbarkeit, hohe Behaglichkeit, sehr geringe Umweltbelastung.
- Kopplung von Planung, Fertigung und Montage über ein netzbasiertes digitales Bauwerks- und Kommunikationsmodell. Zusammenschluss der multidisziplinären mittelständischen Projektpartner zu einem virtuellen Unternehmen.
- Laufende Überprüfung und Validierung der Teilresultate in realen Bauprojekten. Demonstration des Gesamtsystems.

### 2.4.2 Wissenschaftliche und technische Zielsetzung

Die Planung, Fertigung und Montage von Gebäuden im verdichteten Wohnungsbau, soll im Rahmen einer virtuellen Unternehmung über ein netzbasiertes, digitales Bauwerks- und Kommunikationsmodells entwickelt werden. Dies soll der Einführung einer neuen Technologie (Brettstapel) und der Integration von parametrisierten, vorgefertigten Modulen bei Innenausbau und Haustechnik dienen.

Einzelaspekte dieser Zielsetzung sind:

- Kopplung von CAD, AVA und numerisch gesteuerter Fertigung (Tragwerk und Ausbauelementen, CAM), sowie der Bauablaufplanung, als durchgängige, offene Lösung.
- Weitgehende Vorfertigung von aufeinander abgestimmten Modulen (Tragwerk, Innenausbau, Haustechnik).
- Optimierung der Montage und Training der Arbeitskräfte durch den Einsatz von Simulations- und Visualisierungstechniken (virtuelle Baustelle) in neuen Unikat-Montageabläufen.

- Systematische Weiterentwicklung der Brettstapeltechnologie. Hierzu sollen alle relevanten, anforderungsorientierten Kriterien wie Wärmeschutz, Schallschutz, Brandschutz, Dauerhaftigkeit, Umweltverträglichkeit usw. geklärt werden.
- Integration der Lebenszyklusberechnung (Kosten, Energie, Ökologie) und Optimierung hinsichtlich der Minimierung der lebenszyklusbezogenen Gesamtkosten und Maximierung der Nachhaltigkeit.

### **2.4.3 Ziele des Teilvorhabens**

Aus der Sicht des planenden Architekten ergeben sich damit nachfolgende besondere Zielsetzungen:

Umsetzung einer Integrierten Planung:

- Einfacher, schneller und sicherer Datenaustausch mit allen Projektbeteiligten (einheitliches Datenmodell). Durchgängige Kette CAD, AVA, CAM.
- Berücksichtigung fertigungsspezifischer und statischer Belange bereits während der Planung, um eine kostengünstige und qualitativ hochwertige Umsetzung der Planung durch Vorfertigung zu erreichen.
- Integration von Simulationswerkzeugen um zu Optimierungen und zu einer Planungssicherheit hinsichtlich Kosten, Energie, Ökologie und Gesundheit zu gelangen.

Brettstapelsystementwicklung:

- Entwickeln von geprüften Bauteilen, Konstruktionen und Modulen für Tragwerk und Ausbau unter besonderer Berücksichtigung von fertigungsspezifischen Belangen.
- Integration von Haustechnikkomponenten und deren Verteilung

Optimierter Wohnbautyp für den verdichteten Wohnungsbau:

- Einsatz der Brettstapeltechnologie im verdichteten Wohnungsbau
- Entwicklung eines optimierten, flexiblen Grundriss- und Tragkonstruktionssystems.
- Konzeptionelle Haustechnikversorgung und -verteilung

### 3 Anforderungskatalog

Die Anforderungen wurden gegliedert in einzelne Bereiche formuliert und bewertet. Die detaillierte Umsetzung und die Lösungen hierfür bearbeiteten die für den jeweiligen Bereich zuständigen Projektpartner.

Die Bewertung erfolgte in Bezug auf die Brettstapeltechnologie und deren Potential.

Zusätzlich sind in einem ökologischen Bewertungskatalog im Anhang, stichwortartig die Entwicklungsschritte zu einem regenerativen Wohnungs- und Siedlungsbausystem formuliert. Die Anforderungen an die einzelnen Bauteile sind im Elementkatalog ebenfalls im Anhang dokumentiert.

| Bereich            | Anforderung   | Bewertung   | Vorteil              | Nachteil/<br>Problem |
|--------------------|---|---|----------------------|----------------------|
| <b>Architektur</b> |   |   |                      |                      |
|                    | Flexibilität in Wandhöhe und Wandlänge                    | sehr hoch, rasterunabhängig                               | Unikat-<br>charakter |                      |
|                    | Freie Anordnung von Wandöffnungen                         | sehr hoch, rasterunabhängig                               | „                    |                      |
|                    | Freie Grundriss- und Organisationsformen                  | möglich, u.U. Mehraufwand, Verbindungen, nichttragende IW | „                    |                      |
|                    | Gestaltungsmöglichkeiten der Oberfläche, Design           | sehr vielfältig, nicht sichtbare Verbindungsmittel        | „                    |                      |
|                    | Planungssicherheit, -hilfen                               | hoch, Standardisierung, Kataloge, Abläufe, QM             |                      |                      |
| <b>Tragwerk</b>    |   |   |                      |                      |
|                    | Konzepte für unterschiedliche Spannweiten und Belastungen | Standardisierte Bauteile (UZ, Deckenstärke)               |                      | Aussteifung          |
|                    | Variable Nutzhöhen  | sehr flexibel   | Unikat-<br>charakter |                      |
|                    | Abtragung von Einzel- oder Sonderlasten                   | Mehraufwand (z.B. Stahlträger)                            |                      |                      |
|                    | Konzept für Aussteifung                                   | Treppenwände  | Fassade<br>flexibel  |                      |
|                    | Prüfzeugnisse und Zulassungen                             | zwingend erforderlich (geprüfte Konstr.)                  |                      |                      |

| Bereich                         | Anforderung  | Bewertung  | Vorteil   | Nachteil/<br>Problem             |
|---------------------------------|--|--|---|----------------------------------|
| <b>Konstruktion</b>             |  |  |   |                                  |
|                                 | Regel-Anschlußdetails<br>Systemkombinationen<br>Empfindlichkeit gegen Schwinden und Quellen<br>Installationsführung - Vorfertigung<br>Installationsführung nach der Montage<br>Möglichkeit zu Eigenleistungen bei Innenausbau<br>Massivhaustechnologie | einfach<br>einfach<br>sehr hoch<br>weitgehend<br>in Vorsatzschicht<br>hoch   | Kostenersparnis<br>Kostenersparnis<br>Akzeptanz beim Häuslebauer, Raumklima | Planungsaufwand                  |
| <b>Wärme- und Feuchteschutz</b> |  |  |   |                                  |
|                                 | Diffusions- und Konvektionssicherheit<br>Feuchtespeichervermögen, Raumklima<br>Wahlmöglichkeiten von Dämmstoffmaterial und -dicke<br>Montagefreundlichkeit<br>Anteil an Eigenleistung<br>Witterungsschutz  | sehr gut , diffusionsoffen<br>sehr gut, wirkt ausgleichend<br>frei wählbar, bauphysikalisch unproblematisch<br>sehr gut<br>hoher Anteil möglich<br>konstruktiv möglich | Speicherwirkung, kaum Wärmebrücken<br>Kostenersparnis                       |                                  |
| <b>Brandschutz</b>              |  |  |   |                                  |
|                                 | Prüfzeugnisse<br>Maßnahmen zur Erhöhung des Brandschutzes  | Zulassung nur für Gebäude geringer Höhe<br>z.B. Betonverbunddecken   | Einschränkungen Art + Maß der Nutzung                                       | Geschoßaufstockung nicht möglich |

| Bereich                      | Anforderung  | Bewertung  | Vorteil  | Nachteil/<br>Problem       |
|------------------------------|--|--|--|----------------------------|
| <b>Schallschutz</b>          |  |  |  |                            |
|                              | Geprüfte Aufbauten<br><br>Konstruktionen für unterschiedliche Anforderungen  | Aufwand je nach Nutzung<br><br>Abgehängte Decke, Akustikprofile in Brettstapeldecke  | Einschränkungen Art + Maß der Nutzung  | relativ hoher Aufwand      |
| <b>Dauerhaftigkeit</b>       |  |  |  |                            |
|                              | Wahl und Qualität der Baustoffe<br><br>Austauschbarkeit bewitterter Bauteile   | homogen<br><br>möglich (Fugen, lösbare Verb.)  |  |                            |
| <b>Fertigung und Montage</b> |  |  |  |                            |
|                              | Maß der Vorfertigung<br><br>Qualität der Bauteile und Fügung<br><br>Bauzeit<br><br>Kapazitäten, Lieferzeiten<br><br>Flexibilität bei Sonderwünschen<br><br>Qualitätssicherung  | sehr hoch (Standardisierung, Schnittstellen)<br><br>hoch, nicht sichtbare Verbindungen<br><br>kurz<br><br>Hersteller<br><br>möglich<br><br>Hersteller/<br>Konstruktive Details | Zeit- und Kostenersparnis, Rohbau = Ausbau<br><br>Preis - Leistung<br><br>Kostenersparnis  |                            |
| <b>Ökologie</b>              |  |  |  |                            |
|                              | Baubiologie<br>Raumklima, Komfort<br><br><br>Rohstoff-Verfügbarkeit , Nachhaltigkeit<br>Rohstoff-Effizienz<br><br>Energiebilanz für Produktion und Betrieb<br>Recyclefähigkeit | sehr gut<br>sehr gut<br><br><br>günstig, natürlich und langfristig<br>je nach Hersteller/<br>Material<br><br>sehr gut<br><br>sehr gut (bei gedübeltem Brettstapel)             | feuchteausgleichend, wohngiftfrei, natürliche Oberflächen<br><br><br>Verwendung auch minderer Holzqualitäten<br>Lebenszyklusorientiert<br>Demontierbarkeit | Problematisch bei Nagelung |



---

## 4 Städtebau- und Wohnbautypologien

### 4.1 Abgrenzung des Anwendungsrahmens

Die Landesbauordnungen lassen aus Brandschutzgründen die Verwendung von konstruktiven Holzbauteilen für tragende Wände in der Regel nur für **Gebäude geringer Höhe** zu. Gebäude geringer Höhe sind Gebäude, bei denen der Fußboden des obersten Geschosses, das für den ständigen Aufenthalt von Personen geeignet ist, höchstens 7m über der Geländeoberfläche liegt. Diese Einteilung beruht auf der Notwendigkeit der Anleiterbarkeit zur Sicherung des zweiten Rettungsweges im Zusammenhang mit dem im Regelfall bei den Feuerwehren vorhandenen Gerät. Gegenstand dieser Untersuchung sind daher nur Gebäude geringer Höhe. Darunter fallen auch bauliche Anlagen besonderer Art und Nutzung, zu denen gewerbliche Betriebe, Schulen und Versammlungsstätten, etc. gehören.

Wegen der Vielzahl der Typologien und Problemstellungen in diesem Bereich haben wir uns hier auf **Wohnbauten** beschränkt. Die Ergebnisse sind prinzipiell auf ähnliche Gebäude übertragbar, wobei jedoch spezifisch weitergehende Anforderungen gestellt werden können.

Insbesondere der **verdichtete Wohnungsbau** z.B. in Form von Geschosswohnungsbauten und Reihenhäusern bietet ein weites Einsatzgebiet für die Brettstapeltechnologie, dass einen Großteil aller neu zu erstellenden Nutzflächen betrifft.

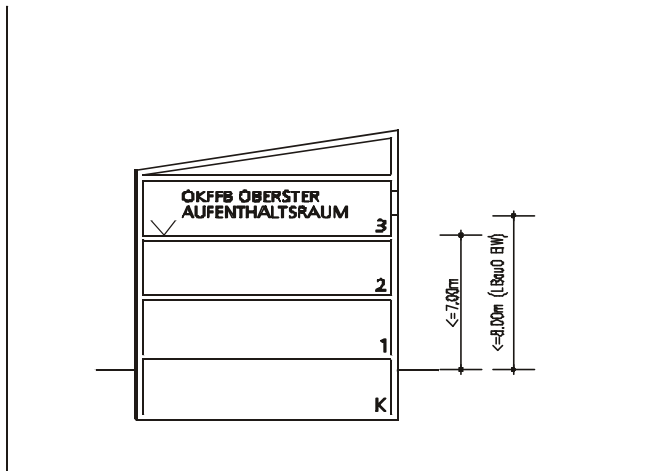


Abbildung 4-1: Gebäude geringer Höhe

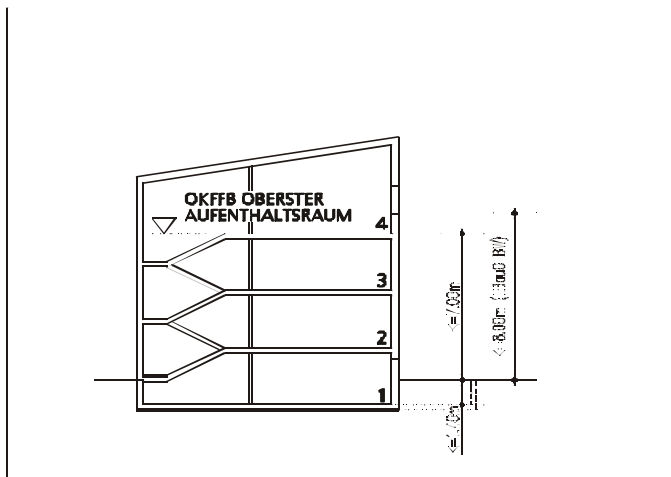


Abbildung 4-2: Räume, die nicht als Aufenthaltsräume gelten

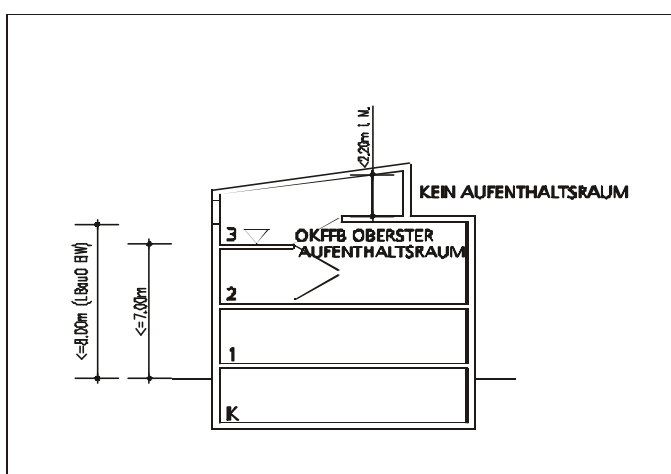


Abbildung 4-3: Hochparterrehaus (nicht in allen Bundesländern)

## 4.2 Wohnbautypologien

### 4.2.1 Einfamilienhäuser

Positiv hervorzuheben ist die Möglichkeit eines hohen Grades an **Eigenleistung** im Ausbau von Einfamilienhäusern in Brettstapeltechnologie.

Durch den hohen Grad der Vorfertigung kann die **Bauzeit** im Vergleich zum konventionellen Massivbau erheblich verkürzt werden. Ein weiterer Vorteil (finanziell, Zeitplanung) liegt darin, daß die bei konventionellen Bauweisen gegebene Trennung in Rohbau und Innenausbau bei der Brettstapeltechnologie aufgehoben wird.

Die **Brettstapeldecken** können aufgrund der geringen Schallschutzanforderungen **unterseitig sichtbar** belassen werden.

Die Anforderungen an **Gebäudetrennwände** bei Reihenhäusern können mit der Brettstapelkonstruktionen ohne Probleme erfüllt werden.

#### 4.2.1.1 Reihenhaus breit

|   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Baukastensystem</li> <li>b) Standardsystem</li> <li>c) freie Architektur</li> <li>d) exotische Architektur</li> </ul> |   |
| <p>Gebäudetyp</p>   | <p>Reihenhaus breit</p>   |
| <p>Tragkonstruktion</p> <p>Spannweiten bis 6.00 m<br/>wirtschaftlich (max. 7.50 m)<br/>Einachsige Spannrichtung</p>   |   |
| <p>Brandschutz</p> <p>Nur Gebäude geringer<br/>Höhe</p>   | <p>Gebäudetrennwand F30/F90<br/>Brandwand F90 bei Länge &gt; 40 m</p> |
| <p>Schallschutz</p> <p>Erhöhter Schallschutz für<br/>fremde Aufenthaltsräumen</p>   | <p>Gebäudetrennw.: <math>R'_{w} \geq 67</math> dB</p>                 |

Der breite Reihentyp weist in Hinblick auf die Solarisierung ideale Eigenschaften auf (Passivhaus möglich). Er ist geeignet zur Ausnutzung geringer Grundstückstiefen. Die Decken spannen parallel zur Gebäudetrennwand, ein Sekundärtragwerk (z.B. ein Unterzug) ist notwendig.

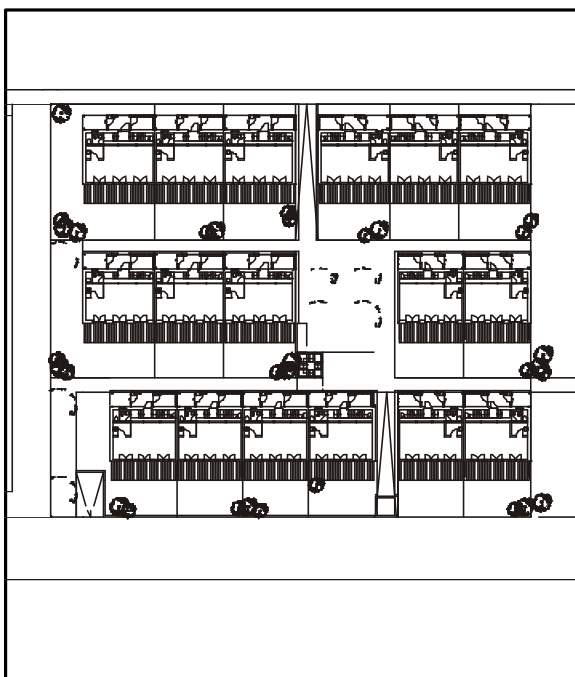
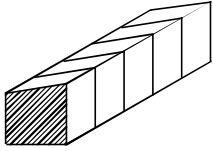
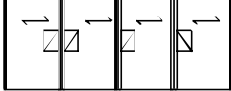


Abbildung 4-4: Ulm, JEA

#### 4.2.1.2 Reihenhaus schmal

|   |   |
|---|---|
| a) Baukassensystem<br>b) Standardsystem<br>c) freie Architektur<br>d) exzentrische Architektur                |  |
| <b>Gebäudetyp</b>   | <b>Reihenhaus schmal</b>  |
| <b>Tragkonstruktion</b><br>Spannweiten bis 6.00 m<br>wirtschaftlich (max. 7.50 m)<br>Einachsige Spannrichtung |  |
| <b>Brandschutz</b><br>Nur Gebäude geringer Höhe   | Gebäudetrennwand F30/F90<br>Brandwand F90 bei Länge > 40 m                          |
| <b>Schallschutz</b><br>Erhöhter Schallschutz für fremde Aufenthaltsräume                                      | Gebäudetrennw.: $R'_w \geq 67$ dB   |

Die Tragstruktur von schmalen Reihenhäuser ist geprägt durch die Schotten-Konstruktion. Dabei spannen Einfeld-Decken frei zwischen Gebäudetrennwänden. Bei diesem Typus können Brettstapeldecken besonders wirtschaftlich eingesetzt werden, da kein Sekundärtragwerk (z.B. ein Unterzug) benötigt wird.

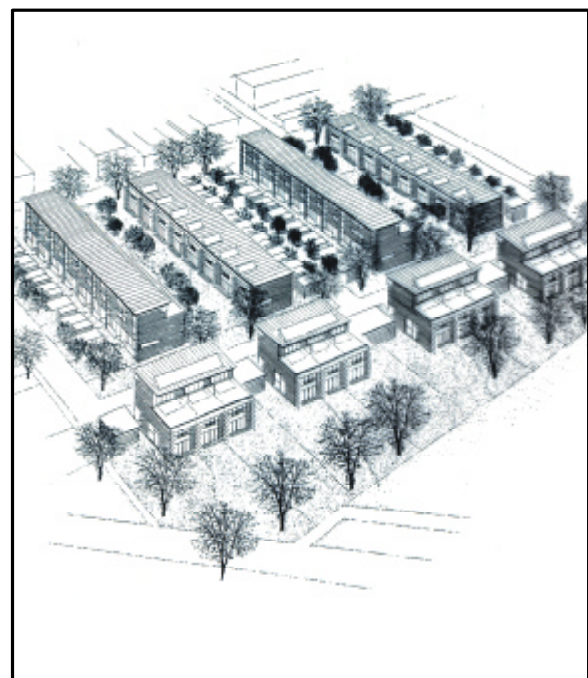
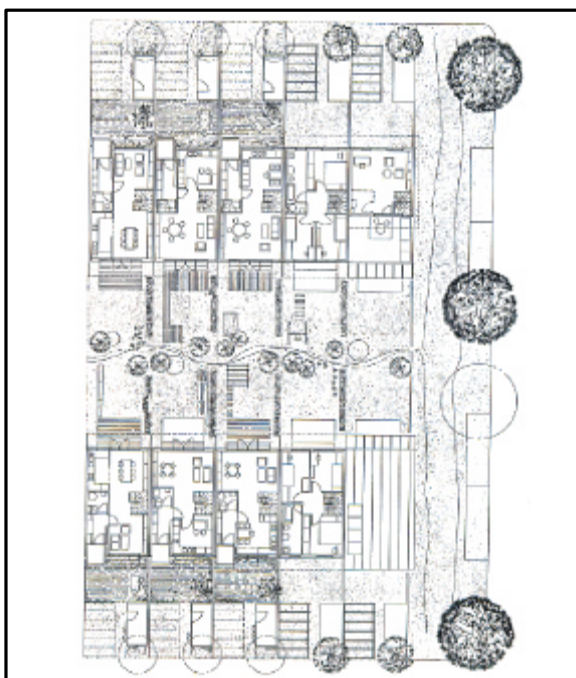


Abbildung 4-5: Berlin Karower Damm, JEA

### 4.2.1.3 Einfamilienhaus quadratisch

|   |   |
|---|---|
| <p>a) Baukastensystem<br/>         b) Standardsystem<br/>         c) freie Architektur<br/>         d) eigene Architektur</p>               |   |
| <p>Gebäudetyp</p>   | <p>Einfamilienhaus quadratisch</p>  |
| <p>Tragkonstruktion<br/>         Spannweiten bis 6,00 m<br/>         wirtschaftlich (max. 7,50 m)<br/>         Einachsige Spannrichtung</p> |   |
| <p>Brandschutz<br/>         Nur Gebäude geringer<br/>         Höhe</p>  | <p>max. F30<br/>         Gebäudeabstand 5 m</p>                                     |
| <p>Schallschutz<br/>         Erhöhter Schallschutz für<br/>         fremde Aufenthaltsräume</p>   | <p>Decken: <math>R'_{w} \geq 50</math> dB<br/> <math>L'_{r,w} \leq 56</math> dB</p> |

Das quadratische Einfamilienhaus ist in sich nicht nach einer bestimmten Richtung orientiert und bietet sowohl im Städtebau als auch in der Raumaufteilung vielseitige Möglichkeiten. Es bildet das Basiselement für ein umfangreiches Siedlungsbausystem.

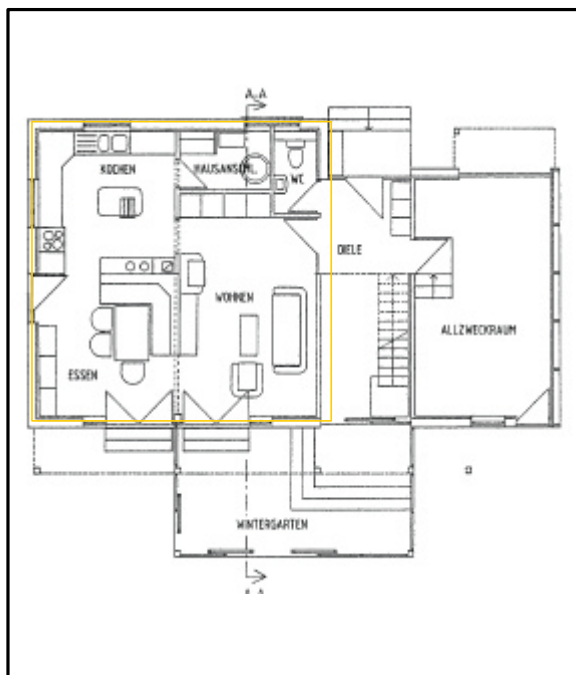
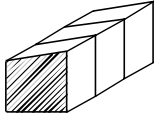
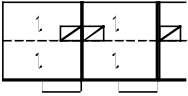


Abbildung 4-6: Wunschhaus Hamburg, JEA

#### 4.2.1.4 Reihenhaus quadratisch

|  |   |
|--|---|
| <p><b>a) Baukastensystem</b><br/> b) Standardsystem<br/> c) freie Architektur<br/> d) extreme Architektur</p> <p><b>Gebäudetyp</b></p> <p><b>Tragkonstruktion</b><br/> Spannweiten bis 6,00 m<br/> wirtschaftlich (max. 7,50 m)<br/> Einachsige Spannrichtung</p> <p><b>Brandschutz</b><br/> Nur Gebäude geringer<br/> Höhe</p> <p><b>Schallschutz</b><br/> Erhöhter Schallschutz für<br/> fremde Aufenthaltsräume</p> |  <p>Reihenhaus quadratisch</p>  <p>Gebäudetrennwand F30/F90<br/> Brandwand: F90 bei Länge &gt; 40 m</p> <p>Gebäudetrennw.: <math>R'_w \geq 67</math> dB</p> |
|--|---|

Dieser Reihentyp ist im Rahmen des Siedlungsbausystems die städtebaulich verdichtete Variante des quadratischen Einzelhauses (nachhaltiger Umgang mit Flächen). Bei größeren Siedlungsprojekten kann der wirtschaftliche Vorteil einer großen Stückzahl (Vorfertigung) trotz eines variablen Angebots an Wohnformen gewährleistet werden.

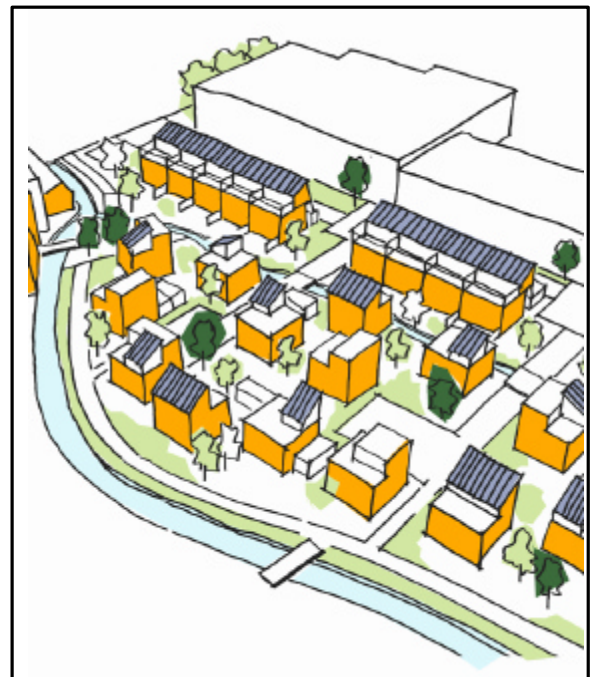
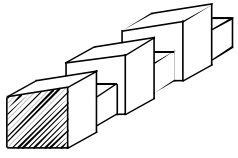
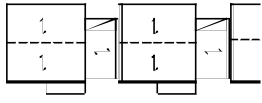


Abbildung 4-7: Kirchheim u.T., JEA

#### 4.2.1.5 Kettenhaus

|  |   |
|--|---|
| <p><b>a) Baukastensystem</b><br/>         b) Standardsystem<br/>         c) freie Architektur<br/>         d) extreme Architektur</p>              |  |
| <p><b>Gebäudetyp</b></p>   | <p>Kettenhaus</p>   |
| <p><b>Tragkonstruktion</b><br/>         Spannweiten bis 6,00 m<br/>         wirtschaftlich (max. 7,50 m)<br/>         Einachsige Spannrichtung</p> |  |
| <p><b>Brandschutz</b><br/>         Nur Gebäude geringer Höhe</p>   | <p>Gebäudetrennwand F30/F90<br/>         Brandwand F90 bei Länge &gt; 40 m</p>      |
| <p><b>Schallschutz</b><br/>         Erhöhter Schallschutz für fremde Aufenthaltsräume</p>  | <p>Gebäudetrennw.: <math>R'_w \geq 67</math> dB</p>                                 |

Auch das Kettenhaus ist eine mögliche Variante des Siedlungsbausystems. Es verbindet die Vermartungsvorteile des freistehenden Einfamilienhauses (Image) mit den städtebaulichen und wirtschaftlichen Vorteilen des Reihenhauses (vergleichbare Dichte, Nachhaltigkeit)



Abbildung 4-8: Asperg, JEA



## 4.2.2 Mehrfamilienhäuser

Im Geschosswohnungsbau liegen die baurechtlichen Grenzen für die Brettstapelbauweise bei 3 Vollgeschossen (**Gebäude geringer Höhe**, generelle Vorgabe im Holzbau). Höhere Anforderungen gibt es hauptsächlich beim **Schallschutz** (Wohnungstrennwände und -decken), die aber mit geeigneten Brettstapelkonstruktionen (mit Vorsatzschalen) erfüllt werden.

Für größere **Spannweiten** und höhere Anforderungen an Brand- und Schallschutz, und um eine sichtbare Brettstapelunterseite zu erhalten, werden im Geschosswohnungsbau meist **Brettstapel-Beton-Verbunddecken** eingesetzt. Durch große Spannweiten sind freie, flexible und großzügige **Wohnungsgrundrisse** möglich.

#### 4.2.2.1 Geschosswohnungsbau Punkthaus

|   |   |
|---|---|
| <p>a) Baukastensystem<br/>b) Standardsystem<br/>c) freie Architektur<br/>d) exzentrische Architektur</p>            |   |
| <p><b>Gebäudetyp</b></p>  | <p><b>Geschosswohnungsbau Punkthaus</b></p>   |
| <p><b>Tragkonstruktion</b><br/>Spannweiten bis 6.00 m wirtschaftlich (max. 7.50 m)<br/>Einachsige Spannrichtung</p> |   |
| <p><b>Brandschutz</b><br/>Nur Gebäude geringer Höhe</p>   | <p>Wohnungstrennwand F30B<br/>u.U. Gebäudetreppenwand F30/F90<br/>Brandwand: I-90 bei Länge &gt; 40 m</p>                                     |
| <p><b>Schallschutz</b><br/>Erhöhter Schallschutz für fremde Aufenthaltsräumen</p>                                   | <p>Wohnungstrennw.: <math>R'_{w} \geq 55</math> dB<br/>Geschossdecke: <math>R'_{w} \geq 55</math> dB<br/><math>L'_{T,w} \leq 46</math> dB</p> |

Das Punkthaus stellt eine der klassischen Typologien im Geschosswohnungsbau dar. Durch die großen Spannweiten im Brettstapel-Beton-Verbundsystem ist eine flexible Aufteilung der Geschosse und eine freie Gestaltung der Wohnungsgrundrisse möglich.

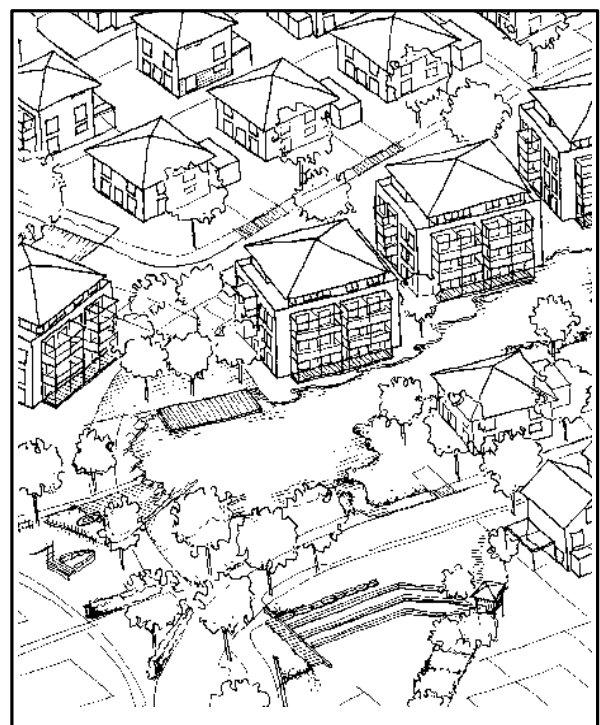
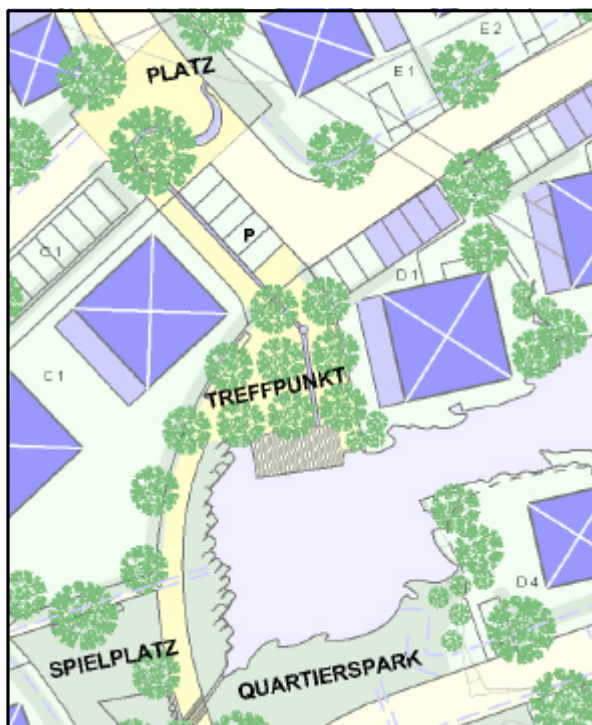


Abbildung 4-9: Steinheim, JEA

#### 4.2.2.2 Geschosswohnungsbau Zeile

|   |   |
|---|---|
| a) Baukastensystem<br>b) Standardsystem<br>c) freie Architektur<br>d) externe Architektur                     |   |
| <b>Gebäudetyp</b>   | <b>Geschosswohnungsbau Zeile</b>  |
| <b>Tragkonstruktion</b><br>Spannweiten bis 6,00 m<br>wirtschaftlich (max. 7,50 m)<br>Einachsige Spannrichtung |   |
| <b>Brandschutz</b><br>Nur Gebäude geringer Höhe   | Wohnungstrennwand F30B<br>u. U. Gebäudeteilwand F30/F80<br>Brandwand F90 bei Länge > 40 m           |
| <b>Schallschutz</b><br>Erhöhter Schallschutz für fremde Aufenthaltsräumen                                     | Wohnungstrennw.: $R'_{w} \geq 55$ dB<br>Geschossdecke: $R'_{w} \geq 55$ dB<br>$L'_{r,w} \leq 48$ dB |

Der Geschosswohnungsbau als Zeile bietet städtebaulich eine Vielzahl an Kombinationsmöglichkeiten. Durch gute Belichtung und Solarisierung ist die Zeile für einen nachhaltigen Städtebau besonders geeignet. Bei Spannrichtung zwischen den Wohnungstrennwänden sind offene Grundrisse möglich.

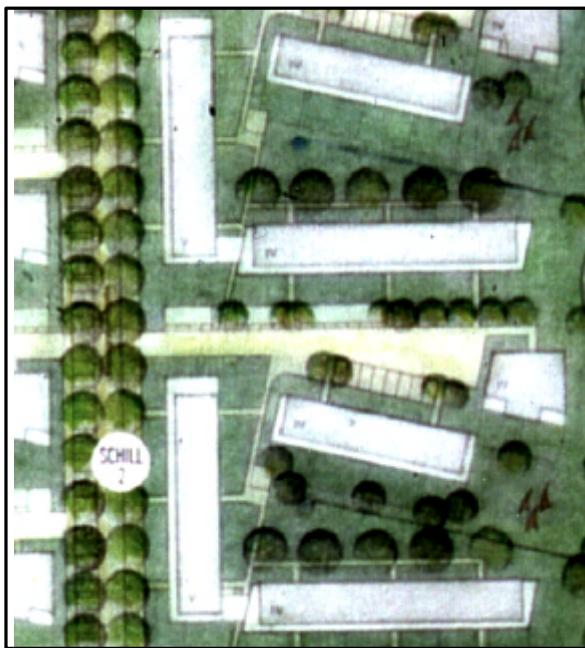


Abbildung 4-10: Berlin, JEA

#### 4.2.2.3 Geschosswohnungsbau Laubenganghaus

|   |   |
|---|---|
| a) Baukastensystem<br>b) Standardsystem<br>c) freie Architektur<br>d) edle Architektur                        |   |
| <b>Gebäudetyp</b>   | <b>Geschosswohnungsbau<br/>Laubenganghaus</b>   |
| <b>Tragkonstruktion</b><br>Spannweiten bis 6,00 m<br>wirtschaftlich (max. 7,50 m)<br>Einachsige Spannrichtung |   |
| <b>Brandschutz</b><br>Nur Gebäude geringer<br>Höhe  | Wohnungstrennwand F30B<br>i.U. Gebäudetrennwand F30/F90<br>Brandwand F90 bei Länge > 40 m           |
| <b>Schallschutz</b><br>Erhöhter Schallschutz für<br>fremde Aufenthaltsräumen                                  | Wohnungstrennw.: $R'_{w} \geq 55$ dB<br>Geschossdecke: $R'_{w} \geq 55$ dB<br>$L'_{r,w} \leq 48$ dB |

Das Laubengangprinzip ist für die Erschließung relativ kleiner Wohnungen eine sehr kostengünstige Lösung. Dieser Typus stellt eine Möglichkeit dar, kostengünstigen Wohnungsbau (auch sozialer Wohnungsbau) in der Brettstapeltechnologie zu realisieren. Die Ausbildung von Laubengängen ist mit der Brettstapeltechnologie im allgemeinen unproblematisch. Bei der Vermeidung von Wärmebrücken bieten sich hier sogar Vorteile gegenüber anderen konventionellen Bauweisen.

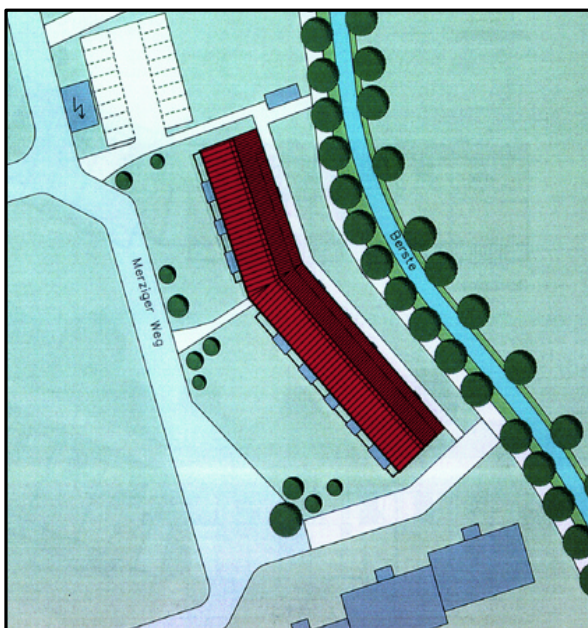


Abbildung 4-11: Luckau, JEA

#### 4.2.2.4 Geschößwohnungsbau Laubenganghaus mit Maisonettewohnungen

|   |   |
|---|---|
| a) Baukastensystem<br>b) Standardsystem<br>c) Interieurarchitektur<br>d) externe Architektur                  |   |
| <b>Gebäudetyp</b>   | <b>Geschößwohnungsbau<br/>Laubenganghaus mit<br/>Maisonettewohnungen</b>                            |
| <b>Tragkonstruktion</b><br>Spannweiten bis 6,00 m<br>wirtschaftlich (max. 7,50 m)<br>Einachsige Spannrichtung |   |
| <b>Brandschutz</b><br>Nur Gebäude geringer<br>Höhe  | Wohnungstrennwand F30B<br>u.U. Gebäudeteilrennwand F30/F90<br>Brandwand F90 bei Länge > 40 m        |
| <b>Schallschutz</b><br>Erhöhter Schallschutz für<br>fremde Aufenthaltsräumen                                  | Wohnungstrennw.: $R'_{w} \geq 55$ dB<br>Geschossdecke: $R'_{w} \geq 55$ dB<br>$L'_{n,w} \leq 48$ dB |

Die Maisonettewohnung bildet im Geschößwohnungsbau als "Haus im Haus" eine kostengünstige und besonders für Familien interessante Alternative zum Einfamilienhaus. Wie im Reihenhaus sind aufgrund der geringen Schallschutzanforderungen innerhalb der Maisonettewohnungen keine Holz-Beton-Verbunddecken notwendig. Die einfachen Brettstapeldecken können unterseitig sichtbar belassen werden.

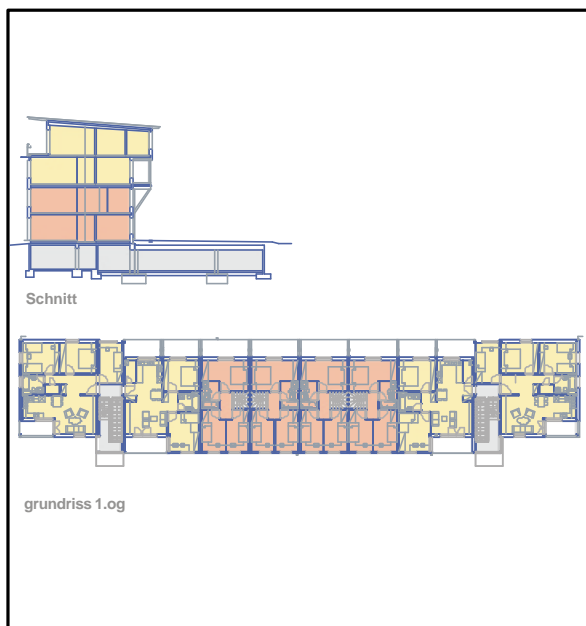
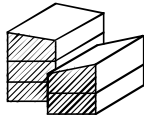
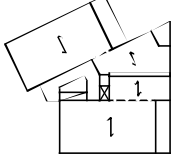


Abbildung 4-12: Freiburg, JEA

#### 4.2.2.5 Geschößwohnungsbau Sonderformen

|   |   |
|---|---|
| <p>a) Baukastensystem<br/>b) Standardsystem<br/>c) freie Architektur<br/>d) Acrono Architektur</p>                      |    |
| <p><b>Gebäudetyp</b></p>  | <p>Geschößwohnungsbau<br/>Sonderformen</p>  |
| <p><b>Tragkonstruktion</b><br/>Spannweiten bis 6,00 m<br/>wirtschaftlich (max. 7,50 m)<br/>Einachsige Spannrichtung</p> |    |
| <p><b>Brandschutz</b><br/>Nur Gebäude geringer<br/>Höhe</p>   | <p>Wohnungstrennwand F30B</p>   |
| <p><b>Schallschutz</b><br/>Erhöhter Schallschutz für<br/>fremde Aufenthaltsräumen</p>                                   | <p>Wohnungstrennw.: <math>R'_{w} \geq 55</math> dB<br/>Geschossdecke: <math>R'_{a} \geq 55</math> dB<br/><math>L'_{r,w} \leq 46</math> dB</p> |

Technisch ist ein schräger Anschnitt der Brettstapелеlemente unproblematisch. Aufgrund der Vorfertigung in rechteckigen Tafeln ist ein Materialverluste durch den Anschnitt jedoch nicht zu vermeiden (wirtschaftlich nicht optimal). Durch die Kombination von freien Elementen und Elementen die ein gewisses Rechteckraster respektieren (Optimierung von Tragwerk und Materialausnutzung) sind vielseitige und interessante Grundrisse auch wirtschaftlich zu realisieren.



Abbildung 4-13: Stuttgart, JEA

## 5 Planung und Simulation

### 5.1 CAD

Die Anforderungen an ein CAD-Programm beschränken sich im Architekturbüro häufig nur auf das zeichnen und plotten von Plänen und Grafiken. Darüber hinaus wird meist eine Schnittstelle (in der Regel DXF) zu anderen CAD Programmen unterstützt.

Gezeichnet wird häufig nur 2-dimensional, obwohl viele CAD Programme auch die Fähigkeit des 3-dimensionalen Modellierens besitzen.

Weitere Programme, die im Architekturbüro zum Einsatz kommen, wie z.B. AVA- und Energiesimulationsprogramme, werden in der Regel getrennt vom CAD verwendet, da meist keine Schnittstelle zum CAD existiert, obwohl neuere CAD-Programme durchaus in der Lage sind, entsprechende Daten bereitzustellen.

Die Schnittstelle zu Fertigung besteht darin, dass Ausführungs- und Detailpläne geplottet und an die ausführenden Firmen versandt werden.

Für die Zielsetzung wie sie innerhalb des Forschungsprojektes formuliert wurden, werden an ein CAD-Programm entsprechend höhere Anforderungen gestellt:

- Bereitstellung eines vollständigen 3-D-Modells, das alle Gebäuderelevanten Daten enthalten kann und aus dem auch für die Architekturdarstellung Schnitte, Ansichten und Perspektiven erzeugt werden können.
- Unterstützung des Datenaustausches zu den Fachplanern (Statik, Haustechnik, ..).
- Fähigkeit der Darstellung eines Fertigungsmodells mit der Schnittstellenprogrammierung zur Fertigung (CAM).
- Schnittstelle zum Lebenszyklusberechnungs-Programm LEGOE (Kosten, Energie, Ökologie), das innerhalb des Forschungsprojekts verwendet wird.

Die Entscheidung fiel auf das CAD-Programm Speedikon, da hier aus einem früheren Forschungsprojekt die Schnittstelle zu LEGOE in Ansätzen bereits vorhanden war. Ein völliges Neuprogrammieren dieser Schnittstelle mit einem anderen CAD-Programm (z.B. Architectural Desktop) hätte den Rahmen des Forschungsprojektes gesprengt.

Speedikon bietet außerdem die Darstellung des 3-D-Modells und das Vordefinieren von Bauteil-Elementen. Da Speedikon auf dem CAD-Programm Autocad aufsetzt, hat es

außerdem die volle Funktionalität von Autocad, somit auch das freie Programmieren von Schnittstellen.

## 5.2 Musterhaus

Um die Arbeit des Architekten, den Planungsvorgang und Datenaustausch mit Simulationswerkzeugen und den Austausch mit den Fachplanern zu simulieren, wurde ein einfaches Musterhaus entworfen und mit dem CAD-Programm Speedikon gezeichnet.

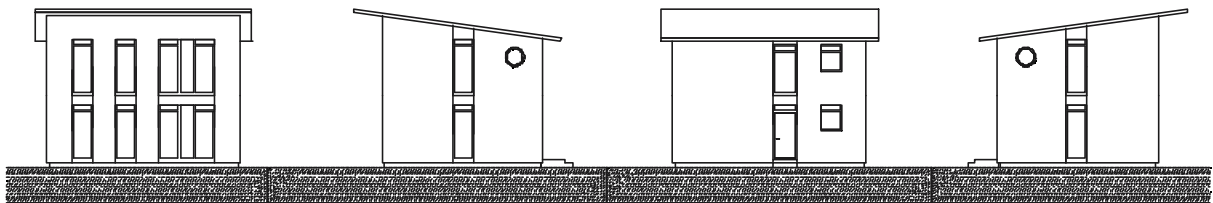


Abbildung 5-1: Musterhaus Ansichten

Die Ziele hierbei waren:

- Testen und weiterentwickeln der Schnittstelle zwischen CAD und Fertigung (CNC)
- Überprüfen der Schnittstellen zu Haustechnik- und Statikplaner und Datenaustausch über die basys-Internetplattform
- Testen der CAD-Schnittstelle zur Software LEGOE mit Berechnung und Bewertung hinsichtlich Kosten, Energie, Ökologie und Gesundheit.
- Überprüfen von Lösungsmöglichkeiten zur Integration der Haustechnik an einem konkreten Gebäude
- Weiterentwicklung des Musterhauses zu Bau- und Grundriß-Systemlösungen und zu einem optimierten Gebäudetyp



Um die Durchführung der Tests überschaubar zu halten, musste das Musterhaus so einfach wie möglich, mit wenigen Elementen und Anschlüssen aufgebaut sein. Trotzdem sollte in den Grundrissen ein Realitätsbezug enthalten sein, um z.B. auch Lösungen zur Integration der Haustechnik überprüfen zu können.

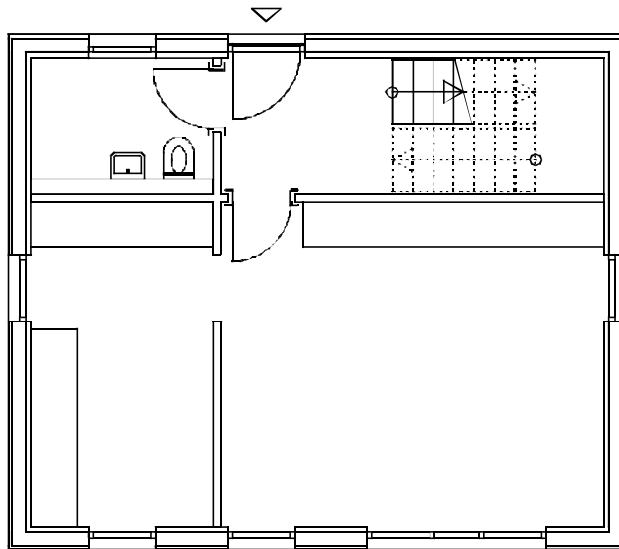


Abbildung 5-2: Musterhaus EG, M 1:100

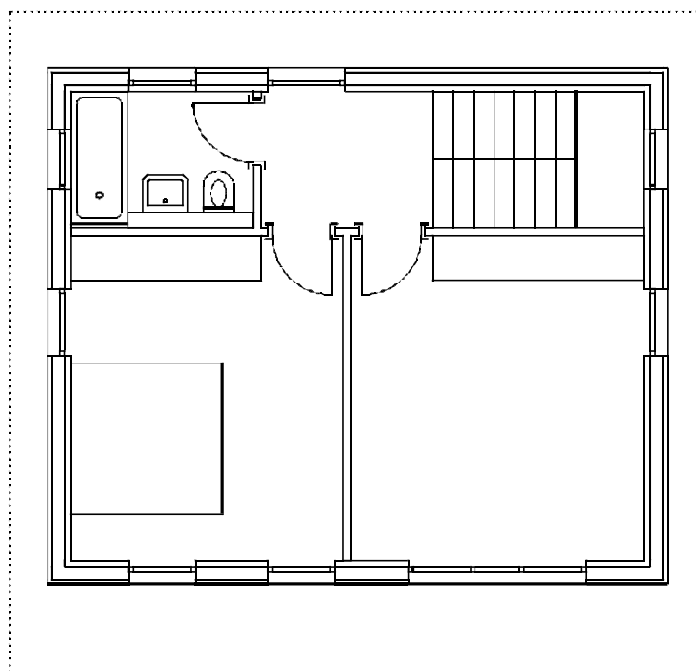


Abbildung 5-3: Musterhaus OG, M 1:100

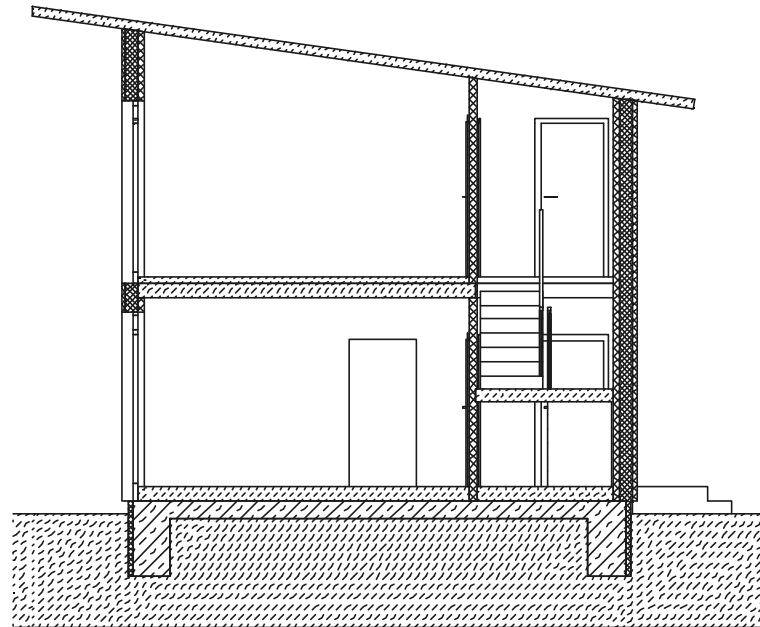


Abbildung 5-4: Musterhaus Schnitt AA, M 1:100

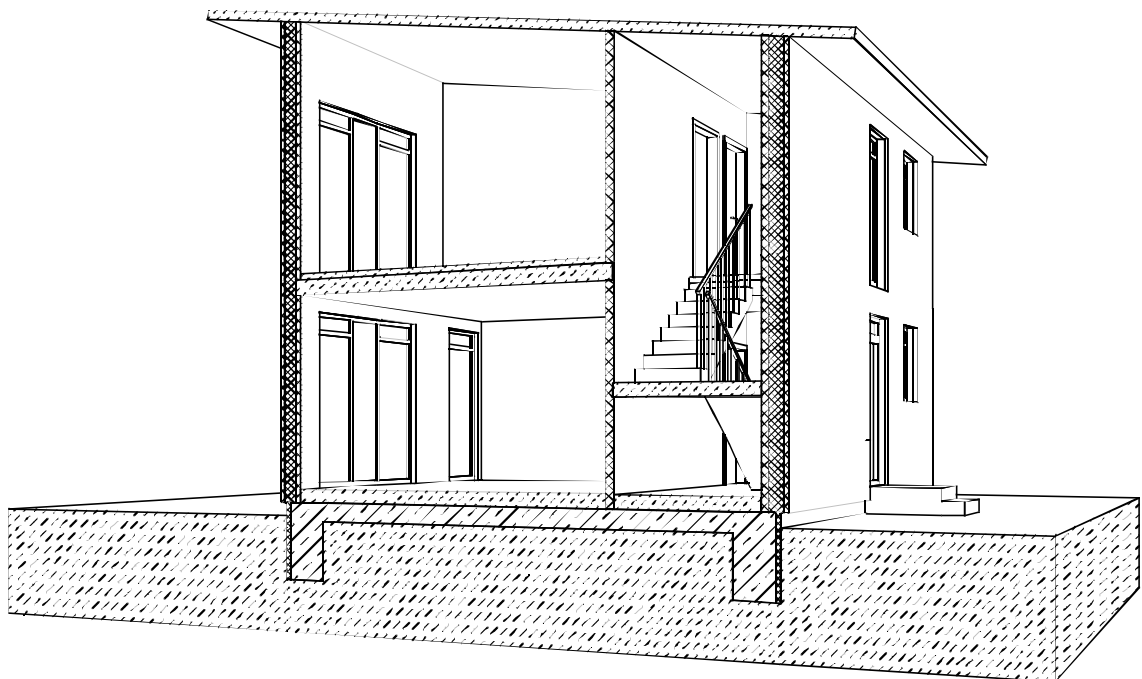


Abbildung 5-5: Musterhaus, 3D-Schnittperspektive

Im CAD-Programm Speedikon wurde das Gebäudemodell, gegliedert in die einzelnen Geschosse, 3-dimensional in den Grundrissen gezeichnet. Um ein vollständiges Datenmodell zu erhalten muß das Gebäudemodell im CAD dem Original so weit als möglich entsprechen. Das heißt, dass z.B. auch Haustechnikelemente im Modell enthalten sein müssen.

### **5.3 Integrierte Lebenszyklusberechnung**

Ziel der LEGOE-Berechnung ist, schon in einem frühen Planungsstadium eine einfache und schnelle Auswertung hinsichtlich Kosten, Energie, Ökologie und Gesundheit möglich zu machen, und somit Anhaltspunkte und Kriterien für die weitere Planung zu erhalten.

Um eine Lebenszyklusberechnung mit dem Programm LEGOE durchführen zu können, muß das komplette Gebäude in LEGOE abgebildet werden. Hierzu notwendig ist sowohl die geometrische Gebäudebeschreibung (Flächen, Massen, Orientierung, ..) als auch die Beschreibung der verwendeten Bauteile (Bauelemente).

Für die Beschreibung der verwendeten Bauteile müssen die im basys-Elementkatalog definierten Bauelemente in LEGOE übernommen werden. LEGOE verwendet hierzu die Sirados-Baudatenbank, die sowohl Makro- als auch Grob- und Feinelemente, je nach Planungsstadium, bereitstellt. Die basys-Brettstapelelemente müssen in die Sirados-Baudatenbank aufgenommen und mit den für die Lebenszyklusberechnung notwendigen Daten (Bauphysik, Ökologie, ..) versehen werden.

Die geometrische Gebäudebeschreibung erfolgt im CAD-Programm Speedikon durch Eingabe der 3-dimensionalen Grundrisse. Hier erfolgt auch mit Hilfe der Speedikon-LEGOE-Schnittstelle die Verknüpfung mit den Sirados-Elementen. Weiter Angaben z.B. zu Klima- und Flächendaten werden ebenfalls in Speedikon eingetragen.

### **5.3.1 Abbildung basys-Elementkatalog in Sirados-Baudatenbank**

Um in die Systematik der Sirados Baudatenbank aufgenommen werden zu können, mussten die Elemente des basys-Elementkatalogs, die als solche Grobelemente darstellen, in Feinelemente aufgeteilt werden.

Bei der Zerlegung der Grobelemente in Feinelemente ist es von Vorteil sämtliche Grobelemente z.B. einer Außenwand gemeinsam zu betrachten, und eine gewisse Kombinationssystematik zu entwickeln, um Feinelemente mehrmals verwenden zu können, und somit die Anzahl der Feinelemente zu reduzieren. Nachfolgend ist dies am Beispiel von unterschiedlichen Außenwandaufbauten dargestellt.

Außerdem müssen bei der Festlegung der Feinelementengrenzen Versätze in Bauteilen berücksichtigt werden, um flächenmäßige Unterschiede erfassen zu können. Zum Beispiel hat innerhalb des Grobelements 'Dach' die Dachdeckung, verursacht durch einen Dachüberstand, eine größere Fläche als z.B. die Wärmedämmung, die nur bis zur Außenwand verläuft.

Ein einzelnes Feinelement wird in der Sirados-Systematik weiterhin durch mehrere Leistungspositionen, getrennt nach Gewerken beschrieben. Diese Beschreibung musste für die neu definierten basys-Feinelemente erfolgen.

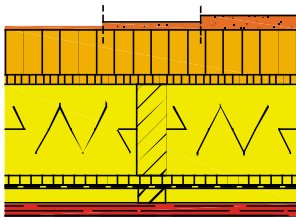
Um die Aufnahme in die Sirados-Systematik und die Aufteilung in Feinelemente und Positionen zu erleichtern wurde vom Projektpartner Fa. Ascona eine Tabelle zur Verfügung gestellt, die, ausgefüllt zur weiteren Bearbeitung und zur Einbindung in LEGOE, an die Fa. Ascona weitergeleitet wurde. Darin ist die Einteilung in Feinelemente und Positionen für die einzelnen Bauteile (Wände, Decken, Dach, ..) dargestellt. Außerdem wird erfasst, ob Feinelemente und Positionen bereits vorhanden sind, wie sie angepasst werden müssen oder ob Neue erstellt werden müssen. Die komplette Tabelle befindet sich im Anhang.

## FEINELEMENTE

### Außenwand Zellulose

### Außenwand Mineralfaser

AW 01a



Naturharzöbschichtung oder

Gipskartonpl./Femacell oder

Lehmfertigbauelement

Bretstapel + OSB

Holzständer  
+ Zellulose  
+ DWD-Platte  
+ Lattung

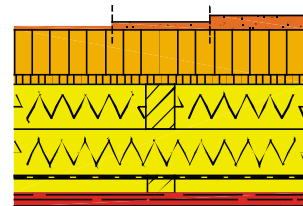
Holzständer  
+ Mineralfaser  
+ Unterspannbahn  
+ Lattung

Spunschalung oder

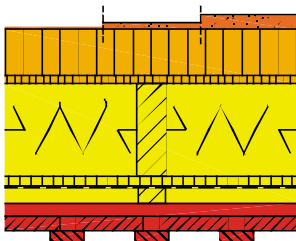
Stülschalung oder

Lamellen-Schalung oder

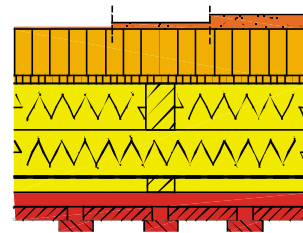
AW 02a



AW 01b

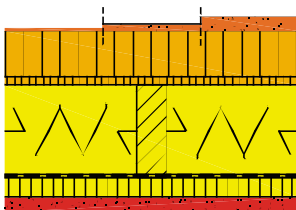


AW 02b

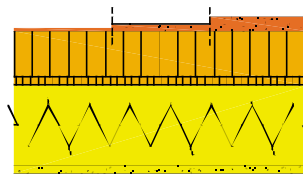


Lattung + Deckelschalung

AW 01c



AW 03



Holzständer  
+ Zellulose  
+ Heraklith

Mineralfaser-  
lamelle  
+ Außenputzsystem

Außenputz

Innenseite: 3 Elemente

Tragkonstruktion: 1 Element

Wärmedämmebene: 4 Elemente

Außenseite: 5 Elemente

13 Elemente

Abbildung 5-6: Aufteilung der basys-Groblemente in Feinelemente

### 5.3.2 Schnittstelle Speedikon - LEGOE

Im CAD-System speedikon erfolgt die Eingabe der geometrischen Gebäudebeschreibung. Die geometrische Beschreibung und die topologischen Beziehungen der Bauteile sind die Grundlage der quantitativen Auswertung des Gebäudemodells und der Bewertung durch die LEGOE-Interpretationsprogramme.

Die grafische Eingabe der Gebäudeebenen erfolgt dreidimensional und, der praktischen Arbeit eines Architekten entsprechend, grundrißorientiert.

Ebenso grafisch erfolgt eine Verknüpfung der CAD-Objekte mit Elementen der sirAdos-Baudatenbank.

Ergebnis ist ein digitales dreidimensionales Gebäudemodell mit Datenbankreferenzen der Elemente des Rohbaus, des Ausbaus und der technischen Gebäudeausrüstung.

Dabei werden Elementmengen, Hüllflächen und Räume gebäudeweise berechnet und in die Projektdatenbasis PDB eingetragen. Desweiteren wird das Bauvorhaben hierarchisch strukturiert und mit Grundinformationen, wie Klimadaten am Standort, Angaben zum Baugrundstück und Planungszielvorgaben, versehen. Neben analytischen Informationen für die PDB werden Grundrisse, Schnitte, Ansichten als grafische Planungsdokumente erzeugt und gespeichert.

#### 5.3.2.1 Einrichten eines Projektes

Ein Projekt repräsentiert ein Bauvorhaben und wird mit dem Befehl *Neues Projekt* angelegt. Dazu ist auf dem Computer oder im Netzwerk ein *Laufwerk* auszuwählen und ein übergeordnetes Verzeichnis einzugeben, in welches das Projekt abgelegt wird. Als *Name* wird eine Kurzbezeichnung oder Projektnummer eingegeben. Nach dem Drücken der *OK* Taste ist das Projekt eingerichtet.

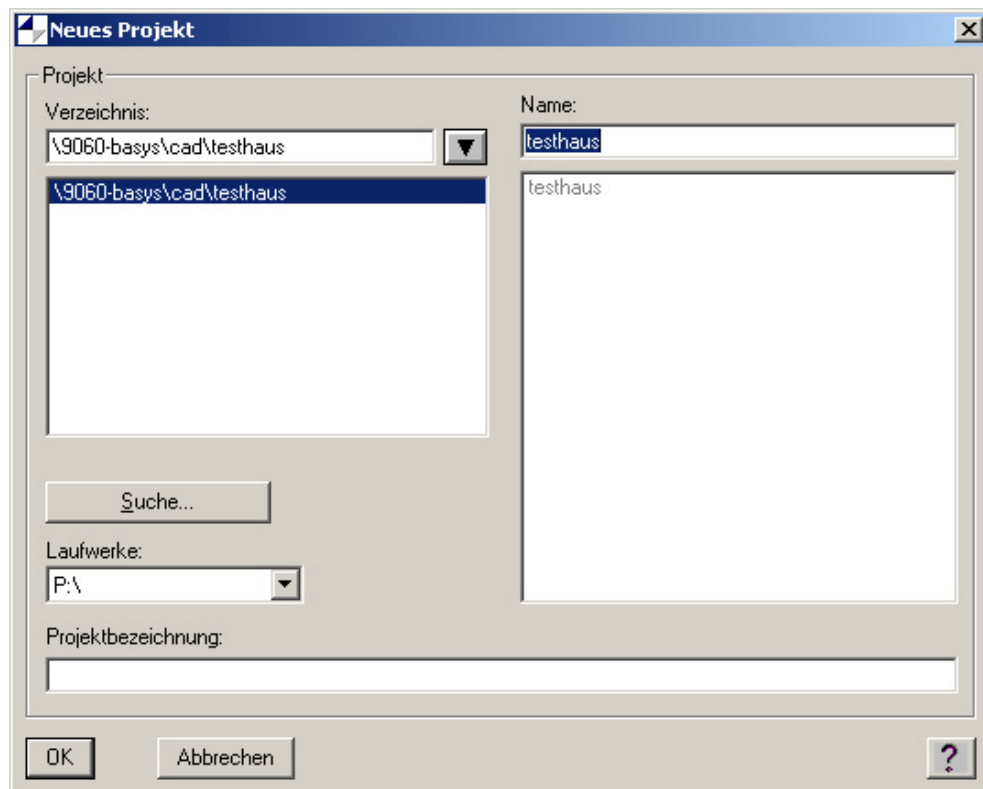


Abbildung 5-7: Dialogbox zum Einrichten eines Projektes

Neben dem kurzen Projektnamen, der übrigens auch als Ordnername im Windows-Dateisystem verwendet wird, kann ein Projekt mit weiteren Informationen versehen werden. In der Dialogbox *Projektinformationen* wird eine etwas ausführlichere *Bezeichnung* eingegeben. Alle anderen Felder dienen Informationszwecken und können nicht verändert werden.

Von der Dialogbox *Projektinformationen* gelangt man in zwei weitere Eingabeboxen, um zusätzliche Projektdetails und Daten zum Baugrundstück einzugeben.

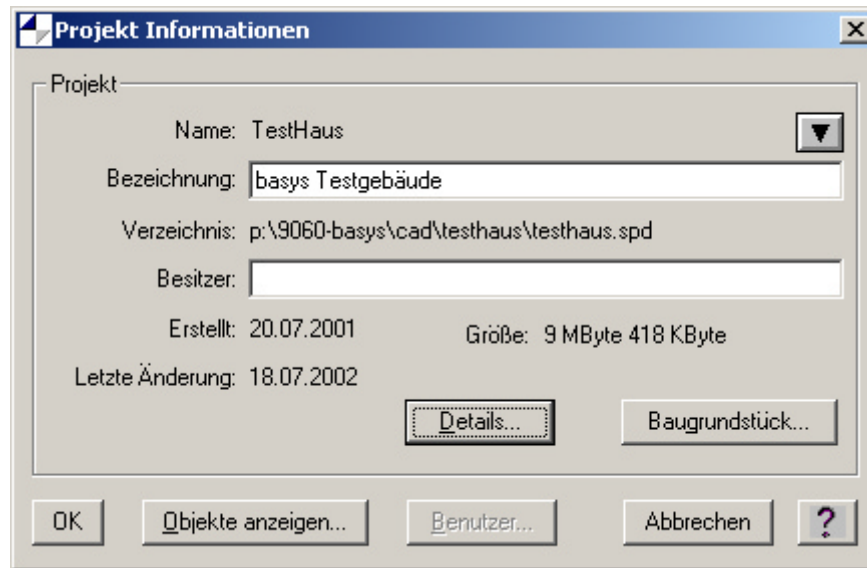


Abbildung 5-8: Projektinformationen



Abbildung 5-9: Daten zum Baugrundstück



Für das Baugrundstück sind Klima- und Flächendaten einzugeben. Mit Auswahl der *Region* stellen sich automatisch auch *Außentemperatur* und *Windverhältnisse* ein. Diese Angaben entstammen der DIN 4701, Teil 2, Tab.1.

Für die Lage des Bauwerkes stehen drei Möglichkeiten zur Auswahl : *geschützte Lage*, *halbfreie Lage*, *freie Lage*.

Bei der Angabe der Flächendaten ist darauf zu achten, daß die *Gesamtgrundstücksfläche* die Summe aus *versiegelter* und *begrünter* Bodenfläche ist.

*OK Gelände* und *Grundwasserspiegel* werden bezüglich NN eingegeben. Bei Hanglage ist im Eingabefeld *OK Gelände* der höchste Punkt in Gebäudenähe einzugeben.

Mit *OK* werden alle Eingaben bestätigt und in die Projektverwaltung übernommen, andernfalls werden alle Eingaben verworfen.

Ein Gebäude wird geschoßweise eingegeben. Für jedes Geschoß wird ein Grundriß erzeugt. Die Vorlage steuert, in welcher Maßeinheit [mm] oder [m] gearbeitet wird. Der Zeichnungsfiler setzt den Maßstab und das Aussehen der Grundrißgrafik.

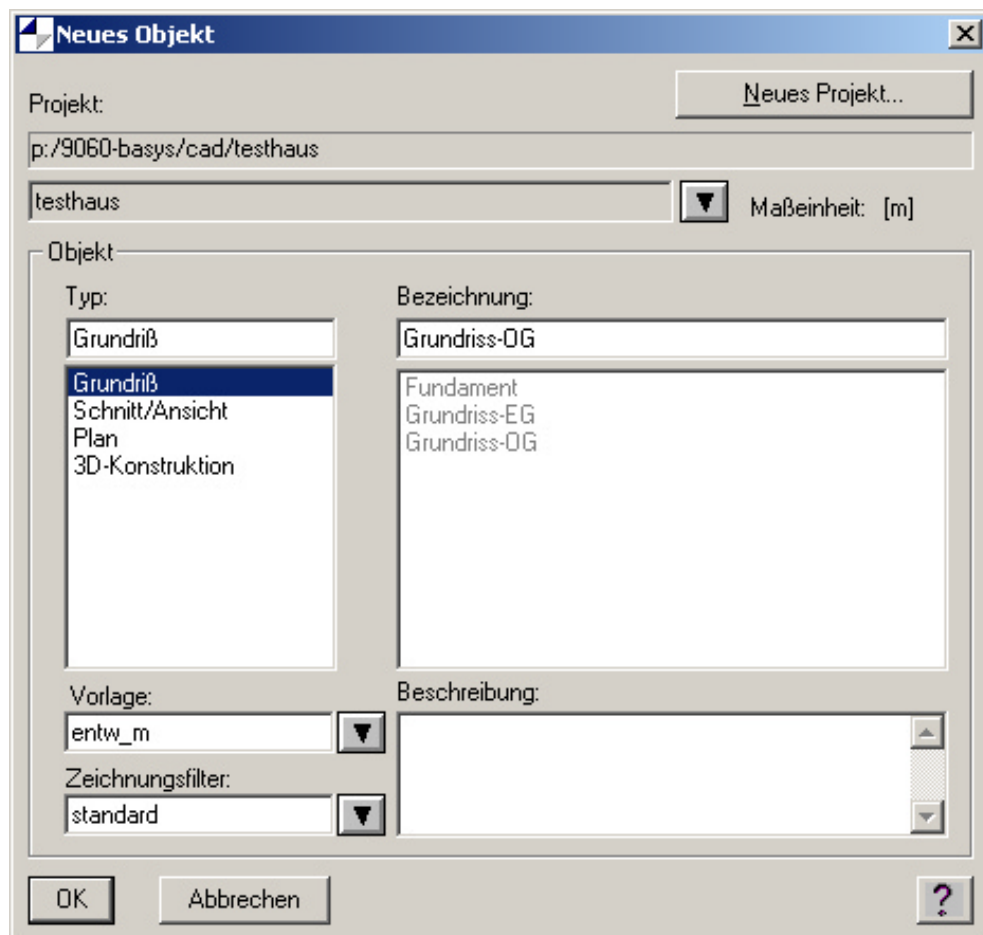


Abbildung 5-10: Erzeugen eines Grundrisses

### 5.3.2.2 Verknüpfen von Sirados-Elementen mit CAD-Objekten

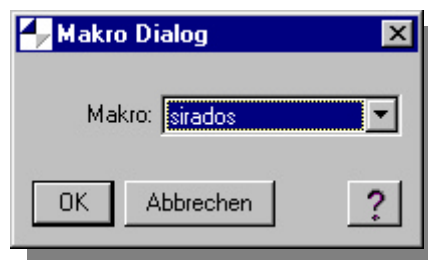
Ein Geschoss wird grafisch durch einen Grundriß repräsentiert. Hierin müssen alle

- Konstruktionselemente (Außenwände, Innenwände, Stützen, Decken, Treppen)
- Ausbauelemente (Fenster, Türen, TGA-Objekte, etc.) und
- Räume

ingezeichnet sein. Um ein vollständiges Gebäudemodell darzustellen müssen auch Objekte die normalerweise nicht gezeichnet werden (z.B. Haustechnikanschlüsse) in der Zeichnung enthalten sein. Hierzu ist es auch möglich, Ersatzobjekte einzufügen.

Nach Fertigstellung des Geschosses erfolgt das Verbinden mit der sirAdos-Baudatenbank.

Hierfür ist der Befehl *Makro ausführen* zu starten. Es öffnet sich folgende Dialogbox :



Es ist das Makro *sirados* auszuwählen und danach mit OK zu bestätigen. Der Mauszeiger ändert sein Aussehen. Mit der linken Maustaste werden solange CAD-Bauteile an ihren Kanten selektiert, bis dieser Vorgang mit der rechten Maustaste beendet wird. Jetzt wird die Verbindung zur Sirados-Datenbank aufgebaut, was je nach Größe und Konfiguration etwas länger dauern kann. Danach erscheint der Dialog, der mit einer kontextsensitiven Hilfe ausgestattet ist.

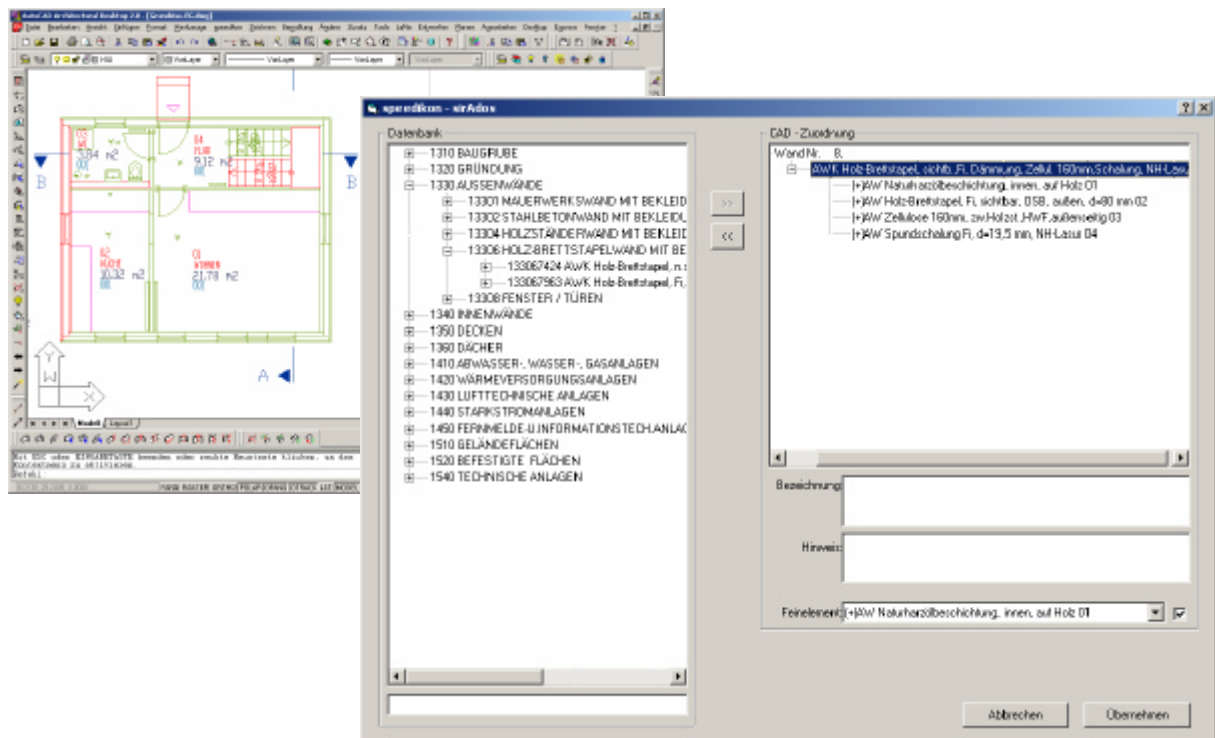


Abbildung 5-11: Dialog zwischen CAD und Sirados

Es kann nun das den ausgewählten CAD-Bauteilen zuzuordnende Sirados-Grobelement ausgewählt werden. Durch *Übernehmen* wird die Verknüpfung hergestellt. Zur Kontrolle werden bereits verknüpfte CAD-Bauteile im Zeichnungsfilter *sirados* rot dargestellt.

Neben der grafischen Kontrolle der Elementzuordnungen ist auch eine tabellarische Kontrolle möglich. Hierfür startet man das Reportmakro *siradrpt* aus der speedikon-Reportumgebung.

Dieses Makro generiert automatisch aus den Informationen des aktuell geladenen Grundrisses eine Excel-Arbeitsmappe, die aus mehreren Tabellen besteht. In jeder Tabelle werden zeilenweise der Bauteilname, die ID des Bauteils sowie Label und Kurztext des zugeordneten sirAdos-Grobelementes angezeigt. Nicht zugeordnete Bauteile werden in roter Schrift gekennzeichnet, die fehlenden Informationen werden mit Fragezeichen belegt.

|    | A       | B      | C           | D   | E | F |
|----|---------|--------|-------------|---|---|---|
| 1  | Bauteil | CAD-ID | Grobelement |   |   |   |
| 2  | AW02a   | ID 5   | 133047943   | AWK Holz-Brettstapel, sichtb., Fi, Dämmung, Zellul. 160mm, Schalung, NH-Lasur |   |   |
| 3  | AW02a   | ID 6   | 133047943   | AWK Holz-Brettstapel, sichtb., Fi, Dämmung, Zellul. 160mm, Schalung, NH-Lasur |   |   |
| 4  | AW02a   | ID 7   | 133047943   | AWK Holz-Brettstapel, sichtb., Fi, Dämmung, Zellul. 160mm, Schalung, NH-Lasur |   |   |
| 5  | AW02a   | ID 8   | 133047943   | AWK Holz-Brettstapel, sichtb., Fi, Dämmung, Zellul. 160mm, Schalung, NH-Lasur |   |   |
| 6  | IW      | ID 9   | 134062211   | MWK Holz, Brettstapel nicht tragend, beidseitig sichtbar, d=60 mm             |   |   |
| 7  | IW      | ID 10  | 134062211   | MWK Holz, Brettstapel nicht tragend, beidseitig sichtbar, d=60 mm             |   |   |
| 8  | YM      | ID 12  | ?           | ?   |   |   |
| 9  |         |        |             |   |   |   |
| 10 |         |        |             |   |   |   |
| 11 |         |        |             |   |   |   |
| 12 |         |        |             |   |   |   |
| 13 |         |        |             |   |   |   |
| 14 |         |        |             |   |   |   |

Abbildung 5-12: Excelprotokoll eines verknüpften Erdgeschosses

Feinelementen können raumbezogenen Wandoberflächen zugeordnet werden. Dafür ist der Befehl *Makro ausführen* zu starten. Es ist das Makro *siraraum* zu wählen.

Danach sind mit dem Mauszeiger der Raum am Raumtext und die entsprechende Wand an ihrer Kante zu identifizieren. Anschliessend öffnet sich der Raumzuordnungsdialog mit der Auswahlmöglichkeit der Feinelemente.

Nachdem alle Teile des Gebäudes zugeordnet worden sind, steht ein dreidimensionales Gebäudemodell zur Verfügung, dessen Bauteile durch Identifikatoren auf Elemente in der sirAdos-Baudatenbank verweisen.

### 5.3.2.3 Austauschdatei für LEGOE erzeugen

Mit einem Projekt wird die Planung eines Bauvorhabens abgebildet. Für ein solches Bauvorhaben können ein oder mehrere Gebäude erstellt werden. Die Daten eines Gebäudes werden in einer Gebäudedatei gespeichert. Mit dem Befehl *Projektvarianten berechnen – Gebäude erzeugen* gelangt man in das Datenblatt *Gebäude*.

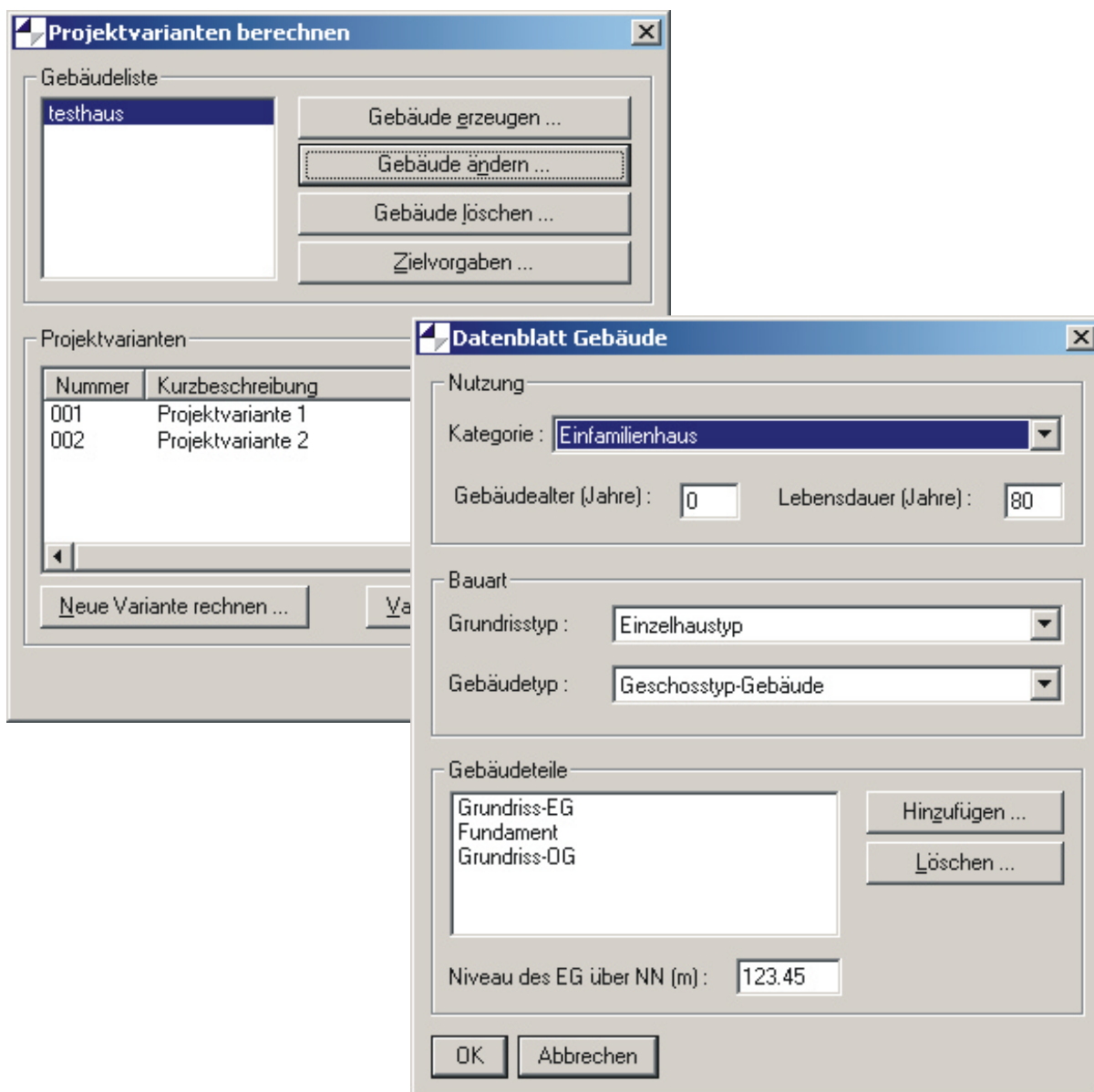


Abbildung 5-13: Gebäude erzeugen

Neben der Zusammenfassung der Geschosse (Grundrisse) enthält eine Gebäudedatei weitere Angaben.

Für die Angabe der Nutzungskategorie steht eine Auswahlliste zur Verfügung.

Das Einstellen der Kategorie impliziert zugleich die Zuweisung einer Norm-Gebäudeinnentemperatur nach DIN 4701 und eines generellen, gebäudebezogenen Reinigungskostenfaktors.

Gebäudealter und erwartete Lebensdauer sind in Jahren anzugeben. Bei Neubauvorhaben wird das Gebäudealter auf 0 eingestellt. Die Bauart bestimmen hier die Angaben zum

Grundriss- und Gebäudetyp. Die Auswahlmöglichkeiten entsprechen den Angaben aus der DIN 4701, Teil 2.

Um das Gebäude höhenmäßig im Gelände einzumessen, ist die Niveauangabe des EG über NN unbedingt erforderlich. Dieser Wert entspricht dem Geschossniveau 0.00 in speedikon.

Nach der Zusammenstellung der Gebäudeliste des Bauvorhabens und Eingabe der Zielvorgaben, kann die Berechnung einer Projektvariante gestartet werden. Projektvarianten werden von 001 bis maximal 999 fortlaufend durchnummeriert und projektbezogen in der Projektdatenbasis PDB abgespeichert. Die Datei mit der Endung *.pdb* kann vom Programm LEGOE zur Bewertung hinsichtlich Kosten, Energie, Ökologie und Gesundheit eingelesen werden.

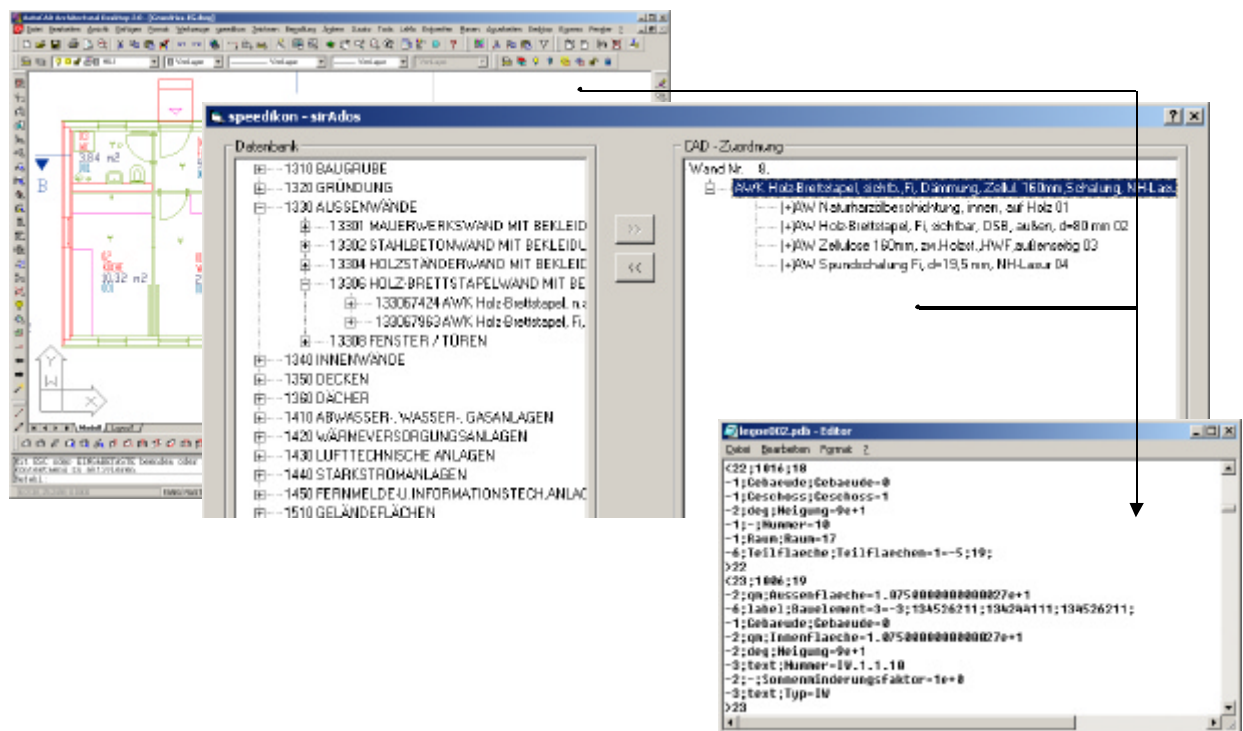


Abbildung 5-14: Dialog zwischen CAD und Sirados, *pdb*-Ausgabe LEGOE

Eine korrekte quantitative Auswertung des Gebäudemodells setzt voraus, daß die geometrischen Angaben in allen drei räumlichen Ausdehnungen, *x-y-z*, richtig vorgenommen werden. Da die Eingabe der Bauteile in der Regel im Grundriß erfolgt, ist es unabdingbar, alle Höhenangaben durch das Berechnen von Gebäudeansichten und –schnitten visuell zu überprüfen und gegebenenfalls zu korrigieren.

### 5.3.3 Ergebnisse der Arbeit mit Speedikon/LEGOE

Die Darstellung eines 3D-Gebäudemodells und das automatische Berechnen von Schnitten und Ansichten hat für den Architekten den Vorteil, dass Schnitte und Ansichten nicht noch einmal gezeichnet werden müssen. Des Weiteren ist dadurch eine exakte Übereinstimmung zwischen Grundrissen und Schnitten/Ansichten gewährleistet.

Das Musterhaus wurde komplett 3-dimensional eingegeben und die CAD-Bauteile mit den entsprechenden Elementen verknüpft. Bei dieser Vorgehensweise wurden allerdings auch einige Probleme deutlich:

- Die geschosswise Gliederung im CAD-Programm Speedikon erwies sich als umständlich für das Verknüpfen der Bauteile, da zur selben Zeit immer nur ein Grundriß bearbeitet werden kann. Gleiche Wände zum Beispiel, die in mehreren Geschossen vorkommen, können nicht alle auf einmal mit dem Sirados-Element verknüpft werden. Immer wieder die selben Verknüpfaktionen in jedem Geschos sind die Folge, was einen erheblichen Zeitaufwand bei größeren Projekten bedeutet.
- Ändert sich im Verlauf eines Projekts der Elementaufbau müssen sämtliche CAD-Bauteile in allen Geschossen neu verknüpft werden. Ein einfaches Austauschen des entsprechenden Grobelements über alle Geschosse ist im CAD nicht möglich.
- Bei der Weiterbearbeitung eines Projekts werden u.U. CAD-Bauteile gelöscht, wodurch auch die Verknüpfung zum Grobelement verloren geht, wenn ein neues Bauteil gezeichnet wird. Dies bedeutet eine Fehlerquelle, da häufig vergessen wird, neu zu verknüpfen. Ein Zeichnen mit vordefinierten Bauteilen, die die richtige Verknüpfung als Eigenschaft bereit besitzen wäre eine Lösungsmöglichkeit.
- Die Übergabe der Daten durch das CAD-Programm Speedikon an LEGOE bedingt, dass ein Projekt auch vollständig mit Speedikon gezeichnet wird. Projekte, die bereits mit anderen CAD-Programmen gezeichnet sind und wo u.U. bereits die Massen ermittelt wurden, müssen in Speedikon noch einmal gezeichnet werden, was einen erheblichen Mehraufwand bedeutet.

Aufgrund der genannten Probleme wurde vom Projektpartner Fa. Ascona zusätzlich zu der Speedikon-LEGOE Schnittstelle eine Handeingabe-Möglichkeit vorgesehen. Neben der Eingabe des Musterhauses mit Speedikon, wurden ein Gebäude des basys-Begleitprojekts Bornstedter Feld und der optimierte Wohnbautyp von Hand eingegeben, um entsprechende Vergleichsmöglichkeiten zu haben.

Die Auswertung dieser 3 Gebäude hinsichtlich der Lebenszyklusberechnung liegt in der Verantwortung des Projektpartners Fa. Ascona, und ist im selbigen Teilvorhaben ausführlich dokumentiert. Ebenso die Funktionalität des LEGOE-Programms.

Für den Architekten bedeutet die Arbeit mit LEGOE, dass er während sämtlicher Leistungsphasen und über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes Aussagen zu Kosten, Energie, Ökologie und Gesundheit machen kann, was eine erhebliche Planungssicherheit bedeutet und Optimierungen auf Grund einer ökonomischen und ökologischen Lebenszyklus-Gesamtkostenrechnung möglich macht, da unterschiedliche Projektvarianten miteinander verglichen werden können.

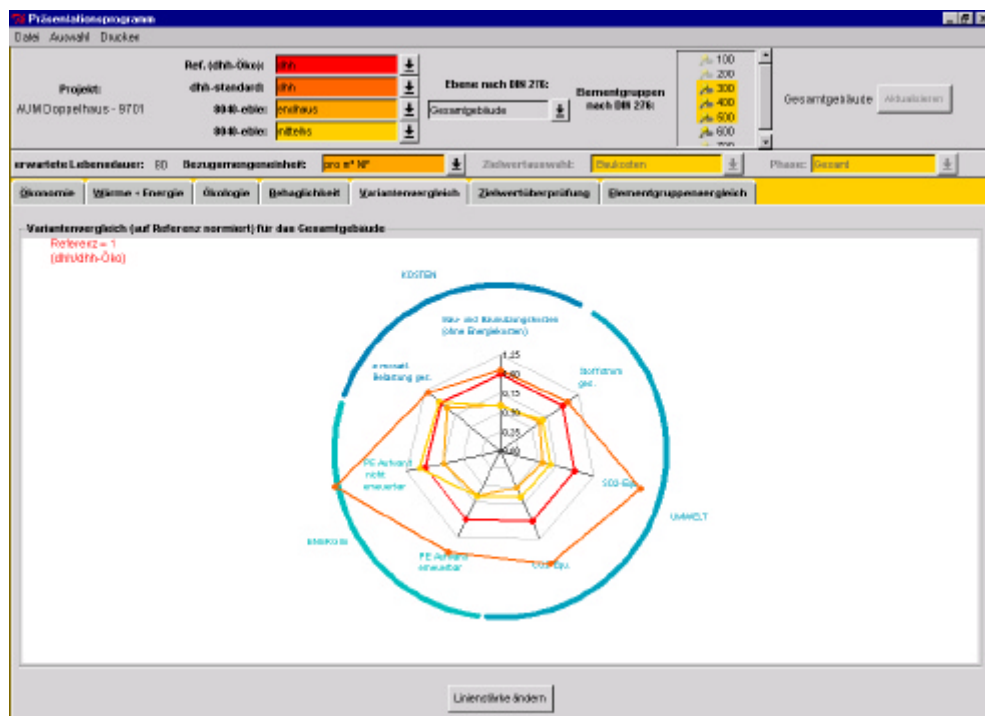


Abbildung 5-15: Spinnendiagramm für Projektvergleiche

Im Spinnendiagramm können verschiedene Ergebnisse der einzelnen Interpretationsprogramme nach Auswahl durch den Bearbeiter miteinander verglichen werden. Der Architekt hat damit die Möglichkeit, unterschiedliche Gewichtungen hinsichtlich der Aspekte Kosten – Energie – Ökologie – Gesundheit zu betonen. Die ausgewählten Projekte werden farblich unterschieden. Es können weiterhin zum Vergleich ausgewählt werden:



- Kostengruppen nach DIN 276
- Elementgruppen nach DIN 276
- Zielwerte

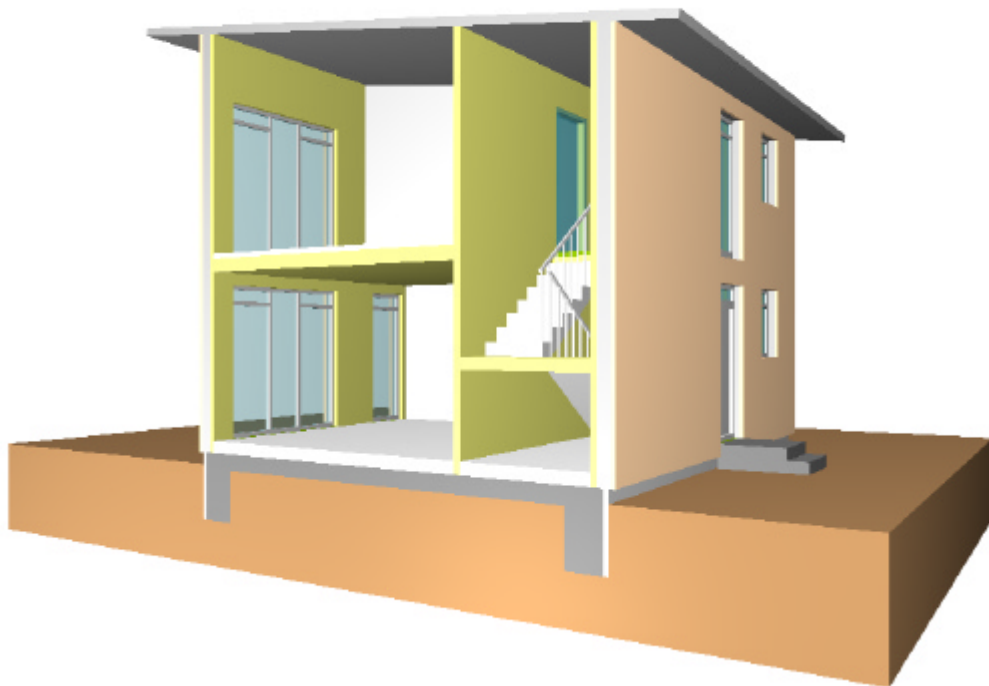
Weitere Ergebnisse von LEGOE sind:

- Das Ausschreibungsprogramm (AVA) liefert eine Ausschreibung und eine Kostenzusammenstellung.
- Das Interpretationsprogramm Wärme und Energie liefert einen Wärmeschutznachweis, einen Energieausweis und einen Überblick über den Medienbedarf.
- Das Interpretationsprogramm Ökologie liefert Daten für die ökologische Bilanz bzw. die verschiedenen Gebäudezertifikate.
- Das Programm Behaglichkeit zeigt verschiedene Problemräume im Gesamtgebäude in bezug auf die Behaglichkeit lokal auf.

## 5.4 Schnittstellen

### 5.4.1 Schnittstelle CAD/CNC

Bei der Arbeit mit dem CAD-Programm Speedikon stellte sich heraus, dass Speedikon zwar ein 3-dimensionales digitales Gebäudemodell bereitstellt, dass die für eine CAD-CAM-Kopplung erforderliche 3D-Qualität aber nicht ohne erheblichen Mehraufwand zu erreichen ist. Dies hat seine Ursache vor allem in der fehlenden Funktionalität für eine fertigungsgerechte Modellierung innerhalb von Speedikon. Dies ist im Abschlußbericht des hierfür zuständigen Partners vom ifib ausführlich beschrieben.



*Abbildung 5-16: Musterhaus, Speedikon 3D-Gebäudemodell*

Um trotzdem CAD-Daten für die Fertigung und die Kommunikation mit Statiker und Fachplanern bereitzustellen wurde vom ifib ein Programm entwickelt, mit dem das Speedikon 3D-Gebäudemodell in ACIS-Volumenkörper übersetzt wird. Diese bilden den Ausgangspunkt für eine Weiterbearbeitung für die Fertigung innerhalb von Autocad.

Dies stellt allerdings ein rein geometrieorientiertes Partialmodell dar. Die durch den Statiker oder Fachplaner veränderten ACIS-Volumenkörper können zwar in AutoCAD nicht aber in das digitale Gebäudemodell von Speedikon reimportiert werden. Änderungen an diesem Modell werden in Speedikon nicht berücksichtigt, und müssen somit ggf. manuell nachgeführt werden.

Vom ifib wurde weiterhin eine Schnittstelle zur direkten Ansteuerung der Multifunktionsbrücke bei Fa. Merkle aus Autocad heraus programmiert.

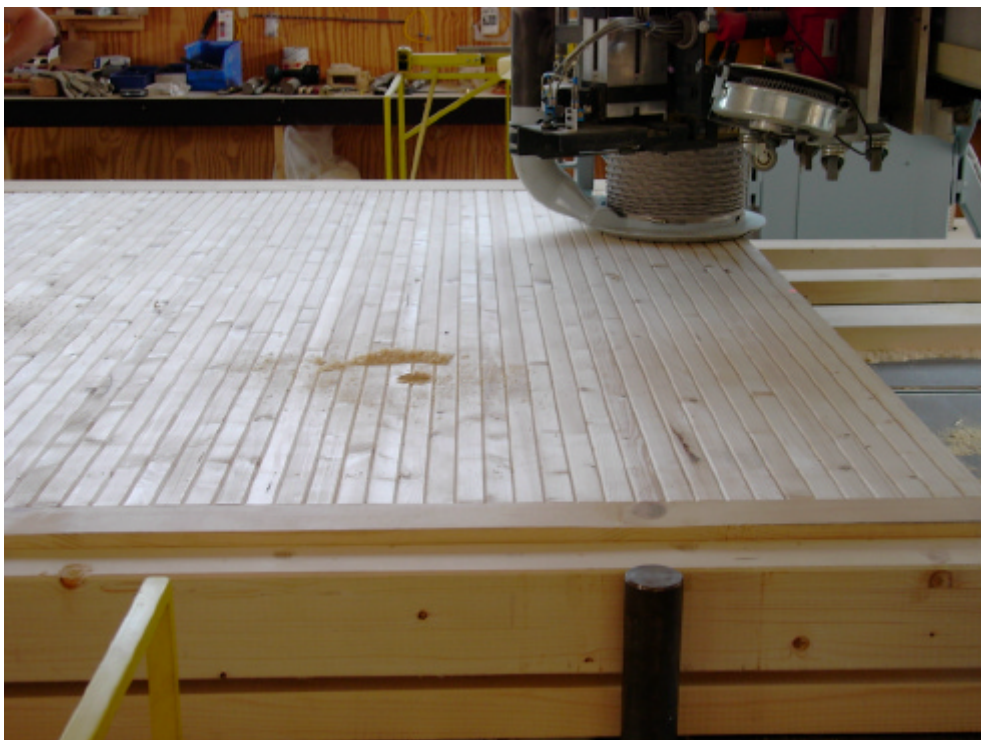


Abbildung 5-17: Multifunktionsbrücke mit Brettstapelement

#### 5.4.2 Schnittstelle Fachplaner

Die aus dem Speedikon 3D-Gebäudemodell erzeugten ACIS-Volumenkörper können entweder als Autocad dwg-Datei exportiert werden, oder als ACIS sat-Datei; die dann auf der Internetplattform abgelegt und von den Fachplaner n weiter bearbeitet werden.

Im Falle des Statikplaners erfolgte ein problemloser Austausch mittels sat-Datei, da dieser mit dem CAD Programm Cadwork arbeitet. Hier können z.B. Lage und Dimensionen von einzelnen Bauteilen verändert werden.



Abbildung 5-18: Brettstapel mit Elektroinstallation

Der Haustechnikplaner kann in die Volumenkörper (Wände und Decken) Durchbrüche und Schlitze in Form von Polylinien einarbeiten. Bohrungen werden durch Kreise repräsentiert. Die Frästiefe wird durch die Objekthöhe der Polylinien und Kreise angegeben.

Nach Bearbeitung des Gebäudemodells (ACIS-Volumenkörper) durch die Fachplaner und der Ablage auf der Internetplattform erfolgt entweder eine manuelle Übernahme in das Gebäudemodell von Speedikon oder die direkte Prüfung und Freigabe durch den Architekten.

### 5.4.3 Ausgeführtes Brettstapelmodell

Um den Datenaustausch zur Fertigung und die Lösungen für die Haustechnikintegration auf ihre Durchführbarkeit hin zu testen und weiter zu optimieren, wurde ein Brettstapelmodell einer Sanitärwand geplant und in Originalgröße gefertigt.



Abbildung 5-19: Brettstapelmodell Sanitärwand

Die spezifischen Eigenschaften der Brettstapelwand, sichtbar belassen zu werden und gleichzeitig als Träger der Sanitärobjekte zu dienen, ohne dass eine Vorwandinstallation benötigt wird, wurden hier insbesondere berücksichtigt.

Natürlich ist es dann auch prinzipiell möglich, eine Beplankung aus Fermacell mit zusätzlichen Fliesen auszuführen.

Die direkte Verwendung der Brettstapelwand für die Haustechnik hat außerdem den Vorteil, dass sehr viel an Haustechnik bereits werkseitig vorinstalliert werden kann.

Ausführliche Darstellungen zu dem Brettstapelmodell und zur Integration der Haustechnik sind im Kapitel 6 enthalten.

## **5.5 Qualitätsmanagement**

Bei einer Projektabwicklung ist die effiziente, parallel durchzuführende Zusammenarbeit der Personengruppen Auftraggeber, Planer, Produkthersteller und ausführende Firmen erforderlich. Die Qualitätssicherung hat zum Ziel, während des Planungs- und Realisierungsprozesses die Basis für ein wirtschaftlich optimales Produkt Bauwerk zu liefern. Die Gliederung der Auftragsbestandteile der HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure) bildet den Gliederungsrahmen, an dem sich auch die Qualitätssicherung orientieren soll.

### **5.5.1 Zeitplanung**

Für die Bearbeitung des QM-Handbuches wurden die Arbeitsläufe des Architekten nach den Phasen bewertet und damit die Grundlage des Arbeitsablaufs für den Zeitplan definiert.

Die Tabelle mit dieser Bewertung befindet sich im Anhang.

### **5.5.2 Arbeitsfluss**

Zur Qualitätssicherung des Projektablaufs wurden in Form der nachfolgenden Tabelle die Arbeitsabläufe des Architekten über die einzelnen Phasen dargestellt. Darin enthalten sind die jeweiligen QM-Maßnahmen und der Austausch mit den Projektbeteiligten und den Behörden.

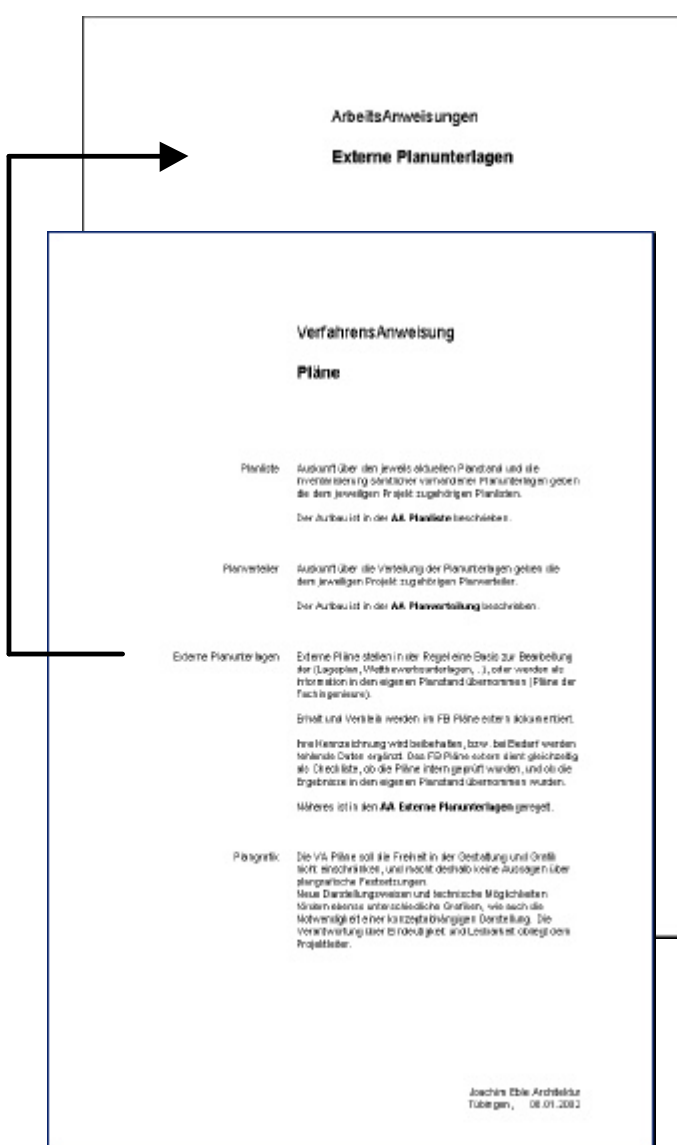
| Arbeitsschritt   | verwendete Unterlagen  | Format             | von          | durchgeführte Arbeiten  | Format             | Qualitätssicherung   | durch | weiter an | Aufgabe   |
|--|--|--------------------|--------------|---|--------------------|--|-------|-----------|---|
| Grundlagenermittlung   | Gesprächsprot. Bauherr/Architekt/Raumprogramm bzw. Wunschliste Bauherr | S                  | B, A         | Ausarbeitung, Konzept, Dokumentation  | S, Skizze 1:100    | -  | -     | B, A      | Ergebnis-Dokumentation, evtl. Erarbeitung von Änderungen/Alternativen |
| Vorplanung   | Ergebnis-Dokumentation   | S, P 1:100         | B, A, S, HKL | Besprechung, Vorplanung, Abstimmung, Kostenschätzung  | S, P 1:100         | Plausibilitätsprüfung, Prüfung rechtl. Rahmenbed. / Regeln d. Technik        | A     | B, S, HKL | Prüfung und Freigabe  |
| Entwurfsplanung  | Freigegebene Pläne u. Dokumente  | S, P 1:100         | A, S, HKL    | Entwurfsplanung, Koordinierung aller Beteiligten u. Kostenberechnung  | S, P 1:100         | Plausibilitätsprüfung, Prüfung rechtl. Rahmenbed. / Regeln d. Technik        | A     | B, S, HKL | Prüfung und Freigabe  |
| Genehmigungsplanung  | Freigegebene Pläne u. Dokumente  | S, P 1:100         | A, S, HKL    | Genehmigungsplanung   | S, P 1:100         | Prüfung rechtl. Rahmenbed. / Regeln d. Technik                               | A     | G         | Genehmigung   |
| Ausführungsplanung   | Pläne, Baugenehmigung  | S, P 1:100         | G            | Werkplanung u. Kostenvoranschlag  | P 1:50, bis 1:1    | Prüfung und Einarbeitung der Beiträge aller Beteiligten. / Regeln d. Technik | A     | B, S, HKL | Prüfung und Freigabe  |
| <i>Vorbereitung u. Mitwirkung bei Vergabe ENTFÄLLT, da integrale Planung / Bauteam</i>                     |  |                    |              |   |                    |  |       |           |   |
| Objektüberwachung  | Werkpläne  | P 1:50, bis 1:1    | A, S, HKL    | Überwachung der Arbeiten, Terminkoordination, Kostenkontrolle   | S                  | Abnahmeprotokolle anhand Checklisten   | A     | B         | Archivierung  |
| Objektbetreuung und Dokumentation  | Werkplanung mit Aufmaß, Herstellerunterlagen                           | S, P 1:50, bis 1:1 | HKL, H       | Mängelfeststellung vor Ablauf der Verjährungsfristen, Überwachung der Mängelbeseitigung, Zusammenstellung der Bestandspläne | S, P 1:50, bis 1:1 | -  | A     | B         | Archivierung  |
| <b>KLÄRUNGSBEDARF:</b> Vertragsgestaltung Beratung, Planung, Abstimmungszyklus z.B. bei Ausführungsplanung |  |                    |              |   |                    |  |       |           |   |
| <b>Form:</b>   |  |                    |              |   |                    |  |       |           |   |
| P = Plan mit Maßstab   |  |                    |              |   |                    |  |       |           |   |
| B = Bauherr  |  |                    |              |   |                    |  |       |           |   |
| S = Schriftdokument  |  |                    |              |   |                    |  |       |           |   |
| T = Tabelle  |  |                    |              |   |                    |  |       |           |   |
| B = Berechnung   |  |                    |              |   |                    |  |       |           |   |
| HKL = Haustechniker  |  |                    |              |   |                    |  |       |           |   |
| G = Genehmigungsbehörde  |  |                    |              |   |                    |  |       |           |   |
| U = Unternehmer A, B, C  |  |                    |              |   |                    |  |       |           |   |
| H = Handwerker   |  |                    |              |   |                    |  |       |           |   |

### 5.5.3 Verfahrens- und Arbeitsanweisungen, Checklisten

Durch beherrschte Arbeitsabläufe wird sichergestellt, dass vereinbarte Qualitätsforderungen ohne wesentliche Nachbesserungen erreicht werden und die Fehleranfälligkeit minimiert wird.

Dokumentiert sind diese Arbeitsabläufe in Verfahrens- und Arbeitsanweisungen sowie in Checklisten.

Verfahrensanweisungen sind die detaillierten Durchführungsbestimmungen für die Mit-



arbeiter. Sie beschreiben, wie die Umsetzung der im QM-Handbuch allgemein dargelegten Festlegungen im einzelnen erfolgt. Auf die jeweils zu beachtenden VerfahrensAnweisungen wird in den entsprechenden Abschnitten des QM-Handbuch verwiesen. VerfahrensAnweisungen können auf ArbeitsAnweisungen, Formulare, Checklisten und Übersichten Bezug nehmen.

ArbeitsAnweisungen enthalten in Ergänzung zu den VerfahrensAnweisungen detaillierte Regelungen und Informationen für einen bestimmten Arbeitsplatz oder eine bestimmte Tätigkeit (z.B. BedienungsAnleitungen, Prüfpläne).

Die dargestellten Abläufe sind für alle Mitarbeiter verbindlich bei ihrer täglichen Arbeit zu berücksichtigen. Verantwortlich hierfür sind die jeweiligen Projektleiter.

Abbildung 5-20: Verfahrens- und Arbeitsanweisungen



Es wurden beispielhaft Arbeitsanweisungen für den Umgang mit Externen Planunterlagen verfasst. Diese befinden sich im Anhang.

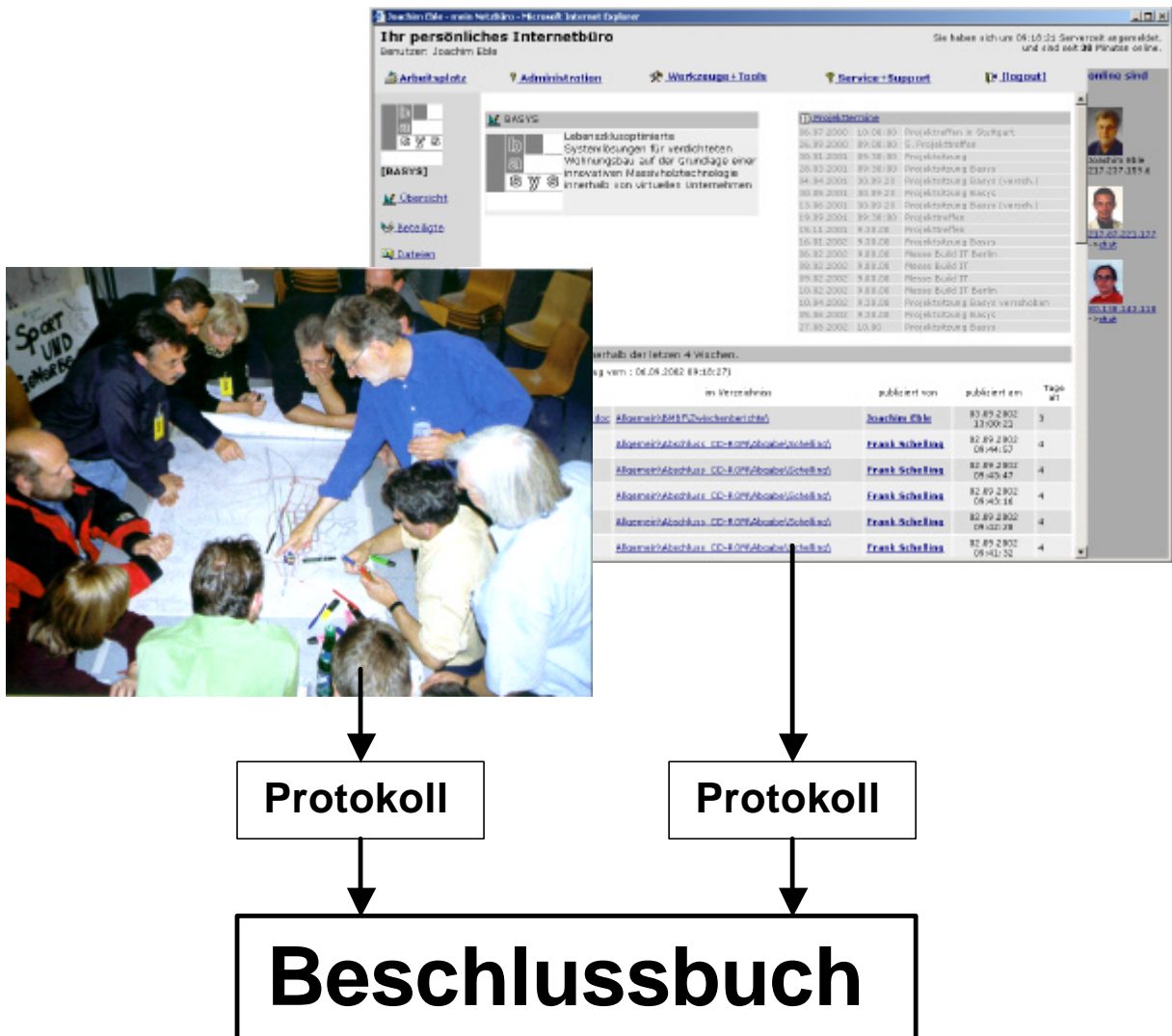
### 5.5.4 Protokolle und Beschlussbuch

Projekt-Besprechungen, egal ob sie direkt oder über die Kommunikationsplattform stattfinden, werden grundsätzlich protokolliert.

Finden bei diesen Besprechungen Festlegungen für das Projekt statt, werden diese in das Beschlussbuch aufgenommen.

Um eine ständige Kontrolle über projektspezifische Vereinbarung zu haben, wird das Beschlussbuch laufend auf dem aktuellen Stand gehalten und ist jedem Projektteilnehmer zugänglich.

Die Eintragungen im Beschlussbuch sind verbindlich für alle Projektbeteiligten.



## 5.6 Realisiertes Projekt Bornstedter Feld, Potsdam

Noch während des Forschungsprojekts wurde die ökologische Reihenhaussiedlung Bornstedter Feld in Brettstapelbauweise von Joachim Eble Architektur in Arbeitsgemeinschaft mit W. Brenne geplant. Vom Forschungsprojektspartner Fa. Merkle wurde der Holzbau erstellt.

Das Projekt stellt noch kein optimiertes Gesamtsystem dar. Durch Analyse des Planungs-, Produktions- und Montagevorgangs lieferte es jedoch wichtige Erkenntnisse zur Entwicklung des optimierten Systems, vor allem auch hinsichtlich des Vorfertigungsgrades und der Integration der Haustechnik.

Die Auswertung eines Reihennittel- und Reihenendhauses mit LEGOE (Ökologie, Kosten, Energie, Gesundheit) diente als Vergleichsprojekt und zur weiteren Optimierung.



Abbildung 5-21: Lageplan Bornstedter Feld, Potsdam

### **5.6.1 Beschreibung**

Das Projekt ist in zwei Baufelder gegliedert mit insgesamt 36 Wohneinheiten, die in ökologischer Holzbauweise mit Brettstapeltechnik errichtet werden.

Eine Nahwärmeversorgung mit CO<sub>2</sub>-neutraler Holzpellettheizung und ein ökologisches Regenrückhaltewassermanagement vervollständigen den ökologischen Siedlungscharakter.

Die Siedlung besteht aus 2 prinzipiellen Reihenhaus-Typen. Beide Typen haben die Achsmaße von 6,40 m, abgesehen von einem breiteren Endtyp. Die Dächer sind als Pultdächer ausgeführt, die Fassaden vorwiegend in Kombination aus horizontaler Holzschalung und Putzoberfläche.

- Gebäudetyp A hat 2 Vollgeschosse und ein Staffelgeschoß mit Dachterrasse. Das Gebäude hat keinen Keller und besitzt stattdessen einen Abstellraum im Eingangsbereich.
- Gebäudetyp B hat ebenfalls 2 Vollgeschosse mit Staffelgeschoß. Anstelle der Dachterrasse ist allerdings ein angeschlepptes Pultdach vorhanden. Das Gebäude ist teilweise unterkellert.

### 5.6.1.1 Gebäudetyp A

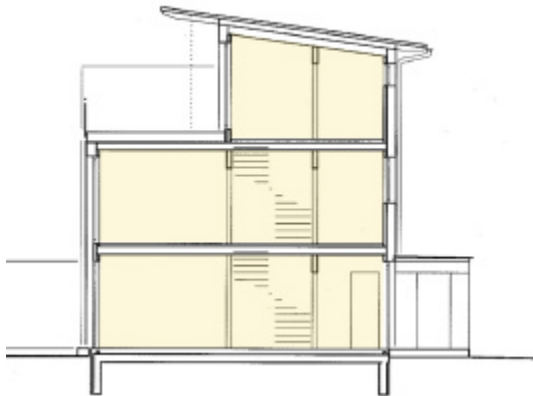


Abbildung 5-23: Typ A, Schnitt, M 1:200



Abbildung 5-22: Typ A, Ansicht Endtyp

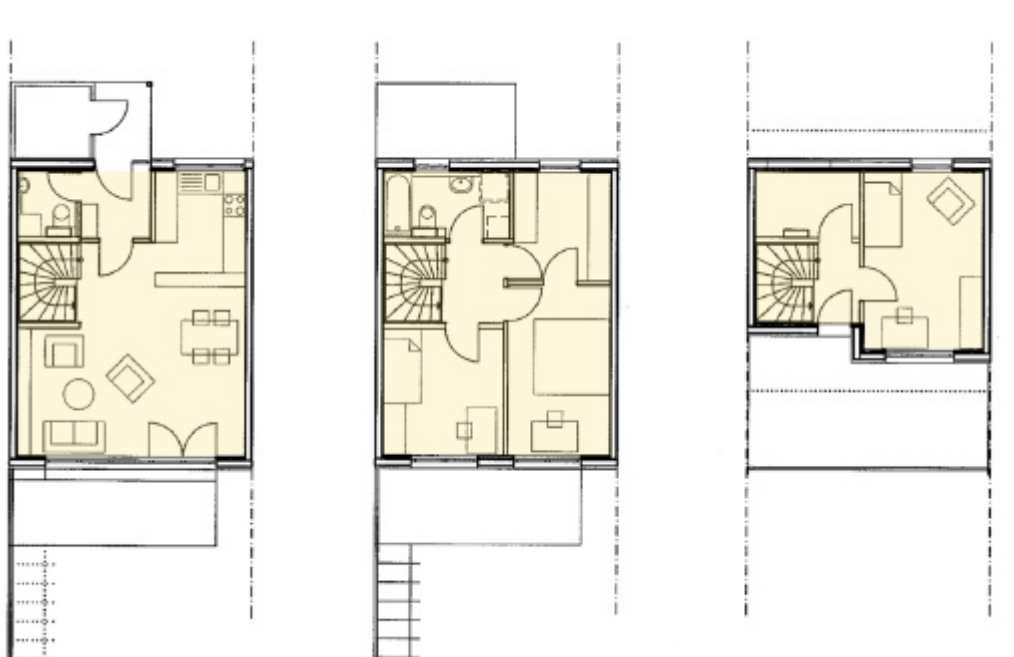


Abbildung 5-24: Typ A, Grundrisse EG, OG und DG, M 1:200

### 5.6.1.2 Gebäudetyp B

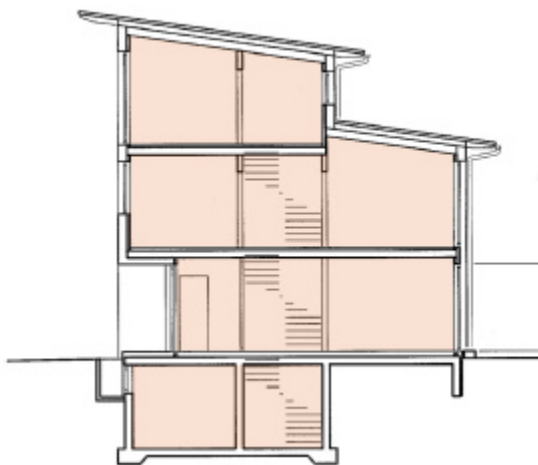


Abbildung 5-26: Typ B, Schnitt, M 1:200



Abbildung 5-25: Typ B, Ansicht Endtyp

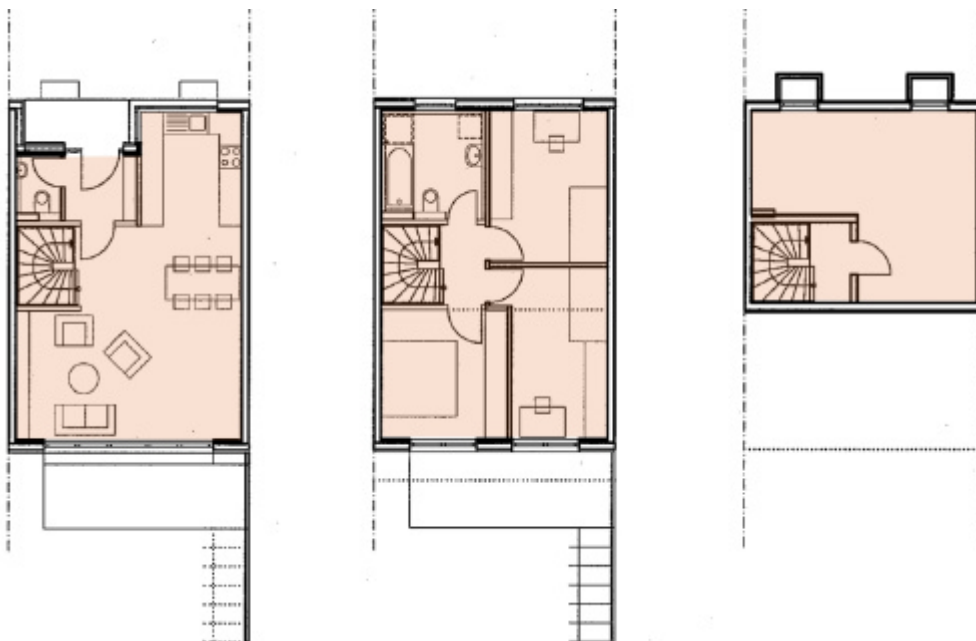


Abbildung 5-27: Typ B, Grundrisse EG, OG und UG, M 1:200

## 5.6.2 Auswertung

### 5.6.2.1 Planung

Bei der Planung wurde deutlich, dass die Brettstapeltechnologie zwar im Einzelhausbau bereits erprobt und relativ ausgereift ist. Die erhöhten Anforderungen wie sie im verdichteten Wohnungsbau gefordert sind bereiten allerdings nach wie vor Probleme.

Dies betrifft vor allem baurechtliche und bauphysikalische Anforderungen (Brandschutz, Schallschutz) sowohl auf der Element- als auch auf der Detailebene.

Für Gebäudetrennwände aus Brettstapel gab es keine allgemein zugelassene Konstruktion. Es musste eine Zulassung im Einzelfall nachgewiesen werden, was einen hohen Aufwand und zusätzliche Kosten bedeutete.

Aus Kostengründen wurde die Putzfassade als Wärmedämmverbundsystem mit Mineralfaser geplant. Auch hier gab es keine Konstruktion in Verbindung mit Brettstapel/OSB-Platte auf dem Markt, die eine allgemeine Zulassung besaß. Zugelassene WDVS-Konstruktionen mit Styropor-Dämmung kamen aus ökologischer Sicht nicht in Frage. Es musste daher auf eine zugelassene Konstruktion mit Putzträgerplatte umgeplant werden.

Diese Beispiele zeigen, welche Bedeutung es für die Planungs- und Kostensicherheit hat, mit geprüften Konstruktionen zu planen. Daher wurde für basys ein Element- und Detailkatalog entwickelt, der solche geprüften Konstruktionen zur Verfügung stellt.

Die Haustechnik wurde mangels vorhandener Integrationslösungen für die Brettstapeltechnik konventionell, ähnlich wie bei Massivhäusern, geplant. Das heißt, es wurde für die vertikale Verteilung ein Schacht vorgesehen. Die horizontale Verteilung fand in einer 3 cm starken Ausgleichsebene im Fußbodenaufbau statt. Wandschlitze wurden vor Ort auf der Baustelle ausgeführt.

Es zeigte sich, dass diese konventionelle Haustechnikplanung zwar funktioniert, dass sie aber hinsichtlich Zugänglichkeit für Nachrüstung, Wartung und Instandsetzung keine befriedigende Lösung darstellt. Die Ausführung einer Ausgleichsebene in jedem Geschoss ist außerdem aufwändig und ökologisch bedenklich, da hierfür in der Regel Styropor verwendet wird.

### 5.6.2.2 Produktion und Montage

Die Vorfertigung der Wandelemente bestand nur aus dem tragenden Brettstapel und der aussteifenden OSB-Platte. Wärmedämmung und Fassadenflächen wurden vor Ort montiert. Fenster ebenfalls. Der Rohbau aus Brettstapel und OSB Platte wurde innerhalb weniger Tage erstellt.

Hier wurde die Problematik der Wetterempfindlichkeit des Holzbaus deutlich. Durch die nachträgliche Montage der Wärmedämmung und der Fassadenflächen verlängert sich die Bauzeit erheblich, was die Wahrscheinlichkeit von Regeneinwirkung auf das Gebäude erhöht. Folienabdeckungen sind nur bedingt wirksam. Eine komplette Einhausung durch ein Wetterschutzdach ist zu aufwändig und teuer.

Eine komplette Vorfertigung der Wände und eine weitgehende Vorfertigung des Daches verringert die Bauzeit und verbessert die Qualität der Bauteile. Eine Erhöhung des Vorfertigungsgrades ist daher unabdingbar.

Der Fenstereinbau im Werk wäre erstrebenswert. Zumindest müssen die Fenster zeitnah eingebaut werden, um schnellstmöglich einen kompletten Witterungsschutz für das Gebäude zu erhalten.

Die Luftdichtigkeitsprüfung (Blower Door) wurde von allen Gebäuden erfüllt. Sie fand allerdings erst nach den Finish-Arbeiten statt. Falls bei der Luftdichtung nachgearbeitet werden muß, kommt man unter Umständen nicht mehr an die abzudichtenden Stellen heran.

Die Luftdichtigkeitsprüfung muß daher unbedingt vor den Finish-Arbeiten erfolgen.

Der Schulung der Monteure vor Ort, kommt aufgrund der besonderen Bauweise eine spezielle Bedeutung zu.

Der Datenaustausch zwischen dem Architekten und dem Brettstapelhersteller Fa. Merkle fand nur in Form von Papier-Plänen statt. Diese mussten von Hand nochmals in das Herstellerprogramm eingegeben werden.

Eine geeignete Schnittstelle hätte hier sicherlich eine Zeit- und Kostenersparnis bedeutet.

## 6 Systementwicklung

### 6.1 Tragwerk- und Baumodell

Aufbauend auf den erstellten Anforderungskatalog und der Analyse der wesentlichen Gebäudetypen und Festlegung der Grenzen der Brettstapeltechnologie geht es darum, diese gewonnenen Erkenntnisse in ein praktikables Bausystem umzusetzen.

In diesem Bausystem soll sich schon von Beginn der Planung an die Intelligenz von Tragwerk/Ausbau, Haustechnik und Fertigung widerspiegeln.

Dies erfolgt unter Verwendung moderner Informations-/Fertigungstechnik (CAD, CNC) und neuer Kommunikationstechniken (Internetplattform, virtuelles Unternehmen).

#### 6.1.1 Ausgangspunkt Brettstapeltechnologie

Bei der Brettstapelbauweise werden einzelne Bretter oder Bohlen nebeneinandergestellt zu großen, massiven Flächenelementen vernagelt oder gedübelt. Die Bauweise eignet sich daher sehr gut für eine industrielle Fertigung.

Der Brettstapel allein kann aber nicht alle komplexen Anforderungen die an die Bauteile eines Gebäudes gestellt werden erfüllen. Daher müssen durch Hinzufügen von weiteren Schichten Bauteil-Elemente gebildet werden, die in ihrer Kombination sämtliche Anforderungen in Bezug auf Wärme-/Feuchteschutz, Schallschutz, Brandschutz usw. erfüllen.

Der Brettstapel kann dabei in Kombination mit weiteren Schichten sowohl für die Wandkonstruktionen als auch für Decken- und Dachkonstruktionen eingesetzt werden.

Raumseitig kann der Brettstapel bei entsprechender Holzgüte sichtbar belassen werden. Übliche Holzarten sind Fichte bzw. Tanne. Andere Holzarten wie Kiefer, Lärche und Douglasie sind ebenfalls möglich.

Die Brettstapeltechnologie ist beim Einfamilienhausbau bereits vielfach erprobt und relativ ausgereift. Im Verdichteten Wohnungsbau (Reihenhäuser, Geschloßwohnungsbau, ..) sind allerdings Defizite vorhanden; vor allem in Bezug auf die erhöhten Anforderungen, die an die Bauteile dieser Gebäudetypen gestellt werden.



#### **6.1.1.1 Wände**

Es können tragende und nichttragende Außen- und Innenwände ausgeführt werden. Die einzelnen Bretter eines Elementes verlaufen dabei lotrecht.

Für die vertikale Lastabtragung reicht im Wohnungsbau in der Regel eine Elementwandstärke von 8 cm aus. Dabei wird an der Ober- und Unterseite ein Rähm angebracht, das die Kräfte aus der Deckenscheibe in die Wände leitet. Das obere Rähm dient gleichzeitig auch als Fenstersturz.

Die genagelten Brettstapelelemente können, im Gegensatz zu den gedübelten Brettstapelelementen, in der Regel nicht zur Aussteifung herangezogen werden, weshalb sie mit einer OSB-Platte beplankt werden, die diese Funktion übernimmt.

#### **6.1.1.2 Decken**

Als Decke wird hauptsächlich der genagelte Brettstapel eingesetzt, da es für die Dübeltechnik noch kein zugelassenes Berechnungsverfahren gibt. Aufgrund der ausgerichteten Holz-Brett-Struktur kann ein Brettstapel-Deckenelement nur einachsig spannen. Dabei kann das Element als Einfeld- oder als Mehrfeldträger eingesetzt werden.

Im Gegensatz zu den Wänden kann eine Brettstapeldecke aufgrund der großen, nicht von Öffnungen unterbrochenen Fläche, fast immer direkt zur Aussteifung (Scheibenwirkung) herangezogen werden. Eine zusätzliche aussteifende Beplankung ist in der Regel nicht erforderlich.

Je nach statischer Beanspruchung werden Brettstapeldecken in Stärken von 14 bis 20 cm gefertigt.

Schalltechnisch sind Brettstapeldecken eher ungünstig, da sie eine steife Scheibe darstellen. In Verbindung mit schwimmenden Bodenaufbauten, Akustikprofilen und/oder abgehängten Decken sind übliche Schallanforderungen aber problemlos zu erfüllen.

#### **6.1.1.3 Dächer**

Dachelemente aus Brettstapel können bei geneigten Dächern sowohl in First-/Traufrichtung als auch in Richtung des Ortgangs spannen. Auf das geneigte Brettstapeldachelement muß für die Dämmebene eine zusätzliche Aufripping ausgeführt werden. Diese Aufripping könnte als Sparren auch ohne das Brettstapelelement die Funktion der Lastabtragung übernehmen. Dies ist der Grund, weshalb der Brettstapel beim geneigten Dach keine sehr

wirtschaftliche Lösung darstellt. Meist werden deshalb Brettstapelhäuser mit Sparren-/Pfettendächern kombiniert, was auch konstruktiv kein Problem darstellt.

Wirtschaftlichere Lösungen für den Einsatz des Brettstapels im Dach ergeben sich für Flachdächer und Dachterrassen, wo eine druckfeste Dämmebene einfach aufgelegt werden kann.

### **6.1.2 Ziele**

Ziel ist es, die Brettstapeltechnologie in Richtung eines qualitativ hochwertigen Bausystems weiterzuentwickeln, und innerhalb der für basys geplanten Prozesskette (Architekt – Fachplaner – Hersteller – LEGOE) einen durchgängigen und reibungslosen Ablauf zu gewährleisten und somit den Zeitaufwand für Planung und Herstellung zu reduzieren.

Die Auswertung mit LEGOE soll dazu beitragen, das basys-System selbst hinsichtlich Kosten, Energie, Ökologie und Gesundheit zu optimieren. Dies betrifft sowohl das Bausystem mit der integrierten Haustechnik, als auch die optimierte Grundrißentwicklung mit der Lebenszyklusbetrachtung für ein komplettes Gebäude (Betrieb, Wartung, Erneuerung und Rückbau).

Besondere Zielsetzung ist die Integration der Haustechnik in das Bausystem, die bei bisherigen Brettstapelkonstruktionen als noch nicht zufriedenstellend gelöst angesehen wird, wie das Beispiel des realisierten Projektes Bornstedter Feld zeigt.

Die Systematisierung soll den Architekten in seiner Gestaltungsfreiheit so wenig wie möglich einschränken, um eine große Grundrissflexibilität und eine hohe Gestaltungsqualität zu erhalten. Um am Markt bestehen zu können, muß das System eine entsprechende Anzahl an Bauteilen und Konstruktionen bereitstellen. Kundenwünsche müssen Berücksichtigung finden.

Um außerdem eine Planungs- und Kostensicherheit für die Baubeteiligung zu gewährleisten, ist notwendig, geprüfte Bauteile und Konstruktionen bereitzustellen. Diese wurden im Element- und Detailkatalog entwickelt.

### 6.1.3 Elementkatalog

Um den Anforderungen, die aus den verschiedenen Gebäudetypen resultieren, zu begegnen, wurden unterschiedliche Brettstapel-Bauelemente entwickelt und zu einem Elementkatalog mit geprüften und optimierten Konstruktionsaufbauten für Wand, Decke, Dach und weiteren Bauelementen zusammengestellt. Die Grundlagen sind im Anforderungskatalog formuliert.

Wichtige Kriterien hierfür sind:

- Bauphysikalische Anforderungen (Schall-, Wärme-, Brand- und Feuchteschutz)
- Tragkonstruktion
- Haustechnikintegration
- Fertigung und Montage (hohe Vorfertigung)
- Nachrüstbarkeit, Instandsetzung, Demontage

Die Elemente sind im Elementkatalog mit relevante Anforderungen wie U-Wert, Schallschutz usw. versehen. Diese Werte wurden im Rahmen des Forschungsprojekts ermittelt.

Um den Grad der Vorfertigung darzustellen, wurde bei den Elementen vermerkt, bis zu welcher Schicht in der Regel im Werk gefertigt wird. Um das Ziel der weitgehenden Vorfertigung im Werk zu verwirklichen, wurden z.B. Außenwände für die Detailplanung auch mit kompletter Fassade geplant.

Der komplette Elementkatalog mit Angaben zu den Anforderungen befindet sich im Anhang.

Der Elementkatalog bildet außerdem die Grundlage für die Schnittstelle zwischen dem basys-Brettstapelsystem und der Auswertung im Programm LEGOE.

#### 6.1.3.1 Wände

Statischer Bestandteil der Außenwände ist immer der Brettstapel (8 cm) und die OSB-Platte. Der Brettstapel trägt dabei die vertikalen Lasten ab, während die OSB-Platte die Aussteifung für die horizontalen Lasten übernimmt.



Die OSB-Platte hat außerdem die Funktion der Luftdichtung, da der Brettstapel aufgrund der Fugen zwischen den Brettern luftdurchlässig ist. Desweiteren wirkt die OSB-Platte als Dampfbremse und übernimmt auch die Aufgabe der konstruktiven vertikalen Verbindung zwischen den Außenwänden der einzelnen Geschosse.

Aufgrund dieser vielfältigen Aufgaben wird die OSB-Platte beim basys-System grundsätzlich als Beplankung an der Außenseite der Brettstapel-Außenwände verwendet, unabhängig davon, welche Wärmedämmung oder welche Fassadenbekleidung verwendet wird.

Brettstapel und OSB-Beplankung bilden gemeinsam das 'Kernelement' für die Außenwand.

Die Fassadenbekleidung muß unterschiedlichen Anforderungen hinsichtlich Brandschutz, Feuchteschutz, Wetterschutz und Gestaltung gerecht werden. Hierfür müssen auch unterschiedliche Ausführungen der Fassade möglich sein. Dem gemäß gibt es Elemente mit Fassadenbekleidung aus Holzschalung (horizontal, vertikal) und Putz. Anstatt Holzschalung können auch Panele aus Faserzement (Holzcolor) verwendet werden.

Die Außenwände AW01a, AW01b und AW01d stellen die basys-Idealaufbauten dar, da diese Wandaufbauten bis zur Hinterlüftungsebene identisch sind, und somit in der Fassade gut miteinander kombiniert werden können (siehe auch Detailkatalog). Außerdem können hier wegen der zusätzlichen Holzfaserplatte auf der Außenseite der Wärmedämmebene, sämtliche Wärmedämmstoffe (auch Zellulose) verwendet werden.

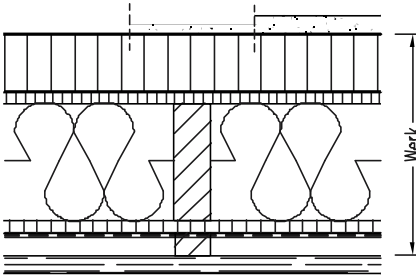
| AW 01a | Außenwand, hor. Schalung   | 327-352 mm   |  |
|--------|--|--------------|---|
|        | - Gipskartonpl./Fermacell, Lehm-<br>fertigbauelement (WEM-Klimaelement)      | 0/12,5/25 mm |   |
|        | - Brettstapel  | 80 mm        |   |
|        | - OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.)                                     | 15 mm        |   |
|        | - Wärmedämmung, vert. Unterkonstr.   | 160 mm       |   |
|        | - Holzfaserplatte  | 18 mm        |   |
|        | - Wind-/Feuchtigkeitsdichtung oder bei<br>bitum. Holzfaserpl. Fugen abkleben |              |   |
|        | - Hinterlüftung, vert. Unterkonstr.  | 30 mm        |   |
|        | - horizontale Holzschalung/Panel   | 24 mm        |   |

Abbildung 6-1: Außenwand mit horizontaler Schalung

**AW 01b Außenwand, vert. Schalung 351-376 mm**

- Gipskartonpl./Fermacell, Lehm- 0/12,5/25 mm fert. gbaue. (WEM-Klimaelement)
- Brettstapel 80 mm
- OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.) 15 mm
- Wärmedämmung, vert. Unterkonstr. 160 mm
- Holzfaserplatte 18 mm
- Wind-/Feuchtigkeitsdichtung oder bei bitum. Holzfaserpl. Fugen abkleben
- Hinterlüftung, vert. Unterkonstr. 30 mm (kann bei entspr. Dampfdiff. entfallen)
- hor. Unterkonstr. 24 mm
- vertikale Holzschalung 24 mm

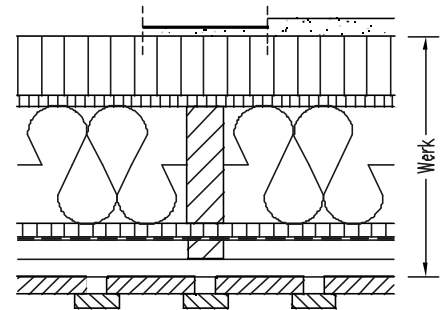


Abbildung 6-2: Außenwand mit vertikaler Schalung

**AW 01d Außenwand hinterlüftete Putzplatte 321,5-346,5 mm**

- Gipskartonpl./Fermacell, Lehm- 0/12,5/25 mm fert. gbaue. (WEM-Klimaelement)
- Brettstapel 80 mm
- OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.) 15 mm
- Wärmedämmung, vert. Unterkonstr. 160 mm
- Holzfaserplatte 18 mm
- Wind-/Feuchtigkeitsdichtung oder bei bitum. Holzfaserpl. Fugen abkleben
- Hinterlüftung, vert. Unterkonstr. 30 mm
- Putzträgerplatte (Perkon-Board) 12,5 mm
- Grundspachtelung mit Gewebe und Deckspachtelung 6 mm

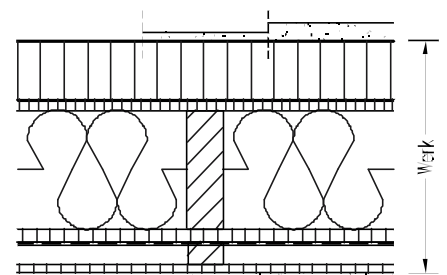


Abbildung 6-3: Außenwand mit hinterlüfteter Putzträgerplatte

Die dem Raum zugewandte Seite der Brettstapelwand kann entweder sichtbar belassen werden, oder eine zusätzliche Beplankung z.B. mit einer Gipsfaserplatte erhalten. Bei Verwendung von Fliesen ist diese Gipsfaserplatte zwingend erforderlich.

Idealerweise kann auf der Innenseite auch eine Lehmwandheizung entweder mit Lehmbauplatten oder mit einem Lehmputz ausgeführt werden.

### 6.1.3.2 Decken

Die Wahl des Deckenaufbaus wird meist durch die jeweilige Schallschutzanforderung bestimmt.

In der Regel werden die Brettstapeldecken unterseitig sichtbar ausgeführt. Nachfolgende Decke stellt einen Standardaufbau dar, wie er üblicherweise in Einfamilien- und Reihenhäusern ohne besondere Schallschutzanforderungen verwendet wird.

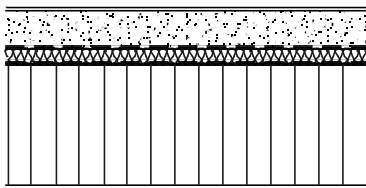
|              |                              |                   |   |
|--------------|------------------------------|-------------------|---|
| <b>DE 01</b> | <b>Decke</b>                 | <b>215-260 mm</b> |  |
|              | - Linoleum, Parkett, Fliesen | 5-10 mm           |   |
|              | - Zementestrich              | 50 mm             |   |
|              | - Trennlage                  |                   |   |
|              | - Trittschalldämmung         | 20 mm             |   |
|              | - Trennlage/Luftdichtung     |                   |   |
|              | - Brettstapel                | 140-180 mm        |   |

Abbildung 6-4: Standard-Brettstapeldecke

Sollen höhere Schallschutzanforderungen erfüllt werden, müssen aufwändigere Deckenaufbauten verwendet werden, z.B. mit einer abgehängten Decke und zusätzlicher Auflast. Der Vorteil des Sichtbrettstapels geht durch die abgehängte Decke verloren. Im Elementkatalog sind allerdings auch Aufbauten für Wohnungstrenndecken ohne Abhängung aufgeführt.

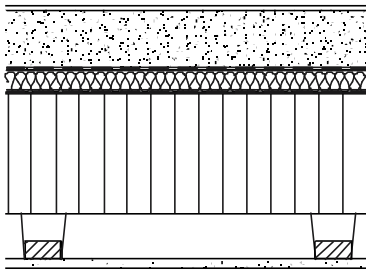
|              |                                  |                       |   |
|--------------|----------------------------------|-----------------------|---|
| <b>DE 03</b> | <b>Wohnungstrenndecke</b>        | <b>327,5-372,5 mm</b> |  |
|              | - Linoleum, Parkett, Fliesen     | 5-10 mm               |   |
|              | - Zementestrich                  | 80 mm                 |   |
|              | - Trennlage                      |                       |   |
|              | - Trittschalldämmung             | 30 mm                 |   |
|              | - Trennlage/Luftdichtung         |                       |   |
|              | - Brettstapel                    | 140-180 mm            |   |
|              | - Lattung (24/48) mit Federbügel | 60 mm                 |   |
|              | - Gipskartonplatte               | 12,5 mm               |   |

Abbildung 6-5: Brettstapeldecke für erhöhten Schallschutz

Sind die Schallschutzanforderungen sehr gering, wie z.B. bei Decken zum UG, kann die Brettstapeldecke auch oberseitig sichtbar belassen werden. Die Decke kann ähnlich wie ein Dielenboden geschliffen und geölt oder versiegelt werden. Allerdings sollte dann für den Brettstapel eine härtere Holzart wie z.B. Douglasie verwendet werden.

DE 04

**Decke über UG,  
wärmegeklämmt**

**240-320 mm**

- Brettstapel (geschliffen, geölt) 140-180 mm
- Luftdichtung
- Wärmegeklämmt (verputzfähig) 100 mm
- Putz mit Gewebe 20 mm

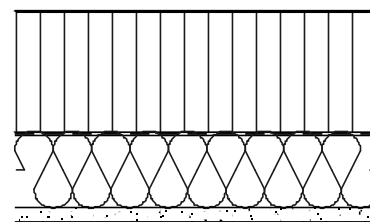


Abbildung 6-6: Brettstapeldecke oberseitig sichtbar

**6.1.3.3 Dächer**

Ähnlich wie die Decken, kann der Brettstapel auch bei Flachdächern (Gründach, Dachterrasse, ..) eingesetzt werden. Der Aufbau ist hier relativ einfach, da eine druckfeste Wärmegeklämmt ohne zusätzliche Befestigungsmaßnahmen lediglich aufgelegt werden muß.

DA 02

**Flachdach, begrünt**

**380-540 mm**

- Vegetationsschicht 100 mm
- Dränschicht (z.B. AquaDrain 1) 40 mm
- Dichtung (EPDM, wurzelfest)
- Wärmegeklämmt (trittfest, im Gefälle) 100-200 mm
- Bitumenschweißbahn (Dampfsperre + Notabdichtung)
- Brettstapel 140-200 mm

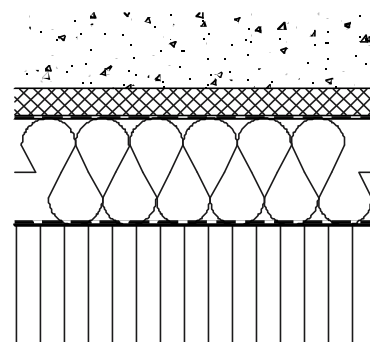


Abbildung 6-7: Brettstapel-Flachdach mit Begrünung

Aus vorgenannten Gründen stellt das geneigte Brettstapeldach eine sehr aufwändige und teure Konstruktion dar. Trotzdem wurde im Rahmen des Forschungsprojekt hierfür ein Aufbau entwickelt, um die Möglichkeit eines komplett massiven Brettstapelhauses auch mit geneigtem Dach zu bieten. Außerdem hat dies den Vorteil, dass das komplette Gebäude im selben Tragsystem ausgeführt ist.

|               |   |                   |
|---------------|---|-------------------|
| <b>DA 05a</b> | <b>Geneigtes BST-Dach, hinterlüftet</b> | <b>488-548 mm</b> |
|               | - Ziegelddeckung                        |                   |
|               | - Lattung                               | 30 mm             |
|               | - Sparren, Hinterlüftung                | 100 mm            |
|               | - Unterdach-Spannbahn                   |                   |
|               | - DWD-Platte                            | 18 mm             |
|               | - Wärmedämmung, Unterkonstr.            | 200 mm            |
|               | - Armierete Baupappe, Dampfbremse       |                   |
|               | - Brettstapel                           | 140-200 mm        |

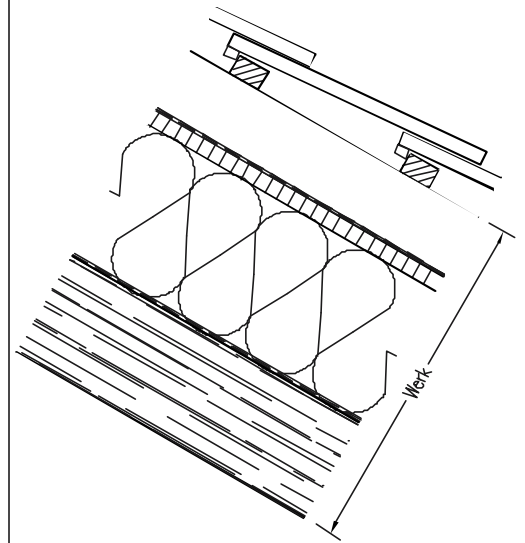


Abbildung 6-8: Geneigtes Brettstapeldach

Der Übergang auf ein Sparrendach ist mit einem Systemwechsel verbunden, der allerdings relativ problemlos bewältigt werden kann. In der Regel werden geneigte Dächer als Sparrendächer zur Ausführung kommen. Diese sind ebenfalls im Elementkatalog berücksichtigt.



#### 6.1.4 Detailkatalog

Der Detailkatalog berücksichtigt in noch stärkerem Maße als der Elementkatalog die Belange von Fertigung und Montage. Um hier einen reibungslosen Ablauf mit der Planung zu gewährleisten, wurden genau abgestimmte, standardisierte Details entwickelt.

Um sowohl kurze Fertigungs- und Montagezeiten als auch gleichbleibend hohe Qualität der Bauteile zu gewährleisten ist ein hoher Vorfertigungsgrad im Werk erforderlich.

Der Fügung zwischen den Bauteilen kommt daher eine besondere Bedeutung zu. Dies sowohl im Hinblick auf die Qualität der Fügung (Luftdichtigkeit, Dauerhaftigkeit/Stabilität), als auch im Hinblick auf fertigungsspezifische Forderungen und Einschränkungen. Des weiteren muß durch die Fügung eine einfache, präzise und schnelle Montage gewährleistet sein, die unter Umständen auch Bauteiltoleranzen aufnehmen kann.

Kurze Montagezeiten sind im Holzbau vor allem auch aus Gründen der ungünstigen Einflüsse durch die Witterung gefordert. Dies umso mehr bei sichtbar belassenem Brettstapel.

Bei der Entwicklung der Details sind auch gestalterische Belange zu berücksichtigen. Dies ist z.B. durch die Ausbildung von Schattenfugen oder Abschlußleisten möglich, wenn unterschiedliche Materialien aufeinander treffen. Deckleisten oder Abdeckwinkel, die einen Bauteilstoß verdecken, stellen meist keine optisch befriedigende Lösung dar.

Da die Brettstapelbauweise im Prinzip nicht an ein Raster gebunden ist, bleibt ein hohes Maß an Gestaltungsfreiheit vorhanden.

Details aus dem Projekt Bornstedter Feld lagen vor. Im Vergleich mit den Bornstedt-Details sollte vor allem der Grad der Vorfertigung erhöht werden.

Prinzipiell können z.B. die Außenwände komplett mit Holzfassade und Fenstern gefertigt werden, was allerdings nicht immer sinnvoll ist. Im Falle der Fassade sind ein erhöhter Planungsaufwand (Fugen und einzelne Fassadenbretter planen) und geringere Toleranzen erforderlich. Der Einbau von Fenstern im Werk erfordert einen höheren Aufwand beim Transport. Außerdem besteht die Gefahr von Glasbruch. Geringe Toleranzen des Ausbaus, wie sie bei Fenstern gefordert sind (exakt lotrecht), müssen dann bereits beim Aufstellen des Rohbaus berücksichtigt werden.

Weitere Optimierungsmöglichkeiten ergaben sich im Bereich der stärkeren Systematisierung und Standardisierung der Fügungen (Ecke, Elementstoß, versetzbare IW, ..) und dem

Einsatz von lösbaren, zugänglichen Verbindungen, um z.B. stark bewitterte Teile austauschen zu können und um im Falle der Demontage eine Materialtrennung zu erreichen.

Um die Anzahl der möglichen Details zu ermitteln wurde vom Forschungsprojektpartner ifib eine Detailmatrix erstellt, die sämtliche theoretisch möglichen Detailknoten umfasst. Berücksichtigt wurden hierbei alle Bauteil-Elemente des Elementkatalogs. Dies ergab weit über 1000 mögliche Detail-Anschlüsse.

Aus dieser Matrix der theoretisch möglichen Bauteilanschlüsse wurden vom Architekten die in der Praxis vorkommenden Details ermittelt. Es blieben immer noch über 500 Detail-Anschlüsse übrig.

Hier wird die Problematik der Detailvielfalt deutlich. Innerhalb des Forschungsprojekts konnte diese Anzahl von Details nicht gelöst werden. Dies hätte den Rahmen des Forschungsprojekts gesprengt.

Einerseits wurde deutlich, dass versucht werden muß, die Anzahl der Details zu reduzieren, andererseits ist von Bauherren ein vielfältiges Angebot von Fassaden und Gestaltungselementen gewünscht.

Innerhalb vom Forschungsprojekt wurde daher die verwendeten Elemente reduziert auf die in besonderer Weise geeigneten Elemente. Aus diesen damit möglichen Anschlüssen wurden die für basys notwendigen Details festgelegt und mit einer eindeutigen Nummer (Label) versehen. Dies zum Zwecke der Katalogisierung in der Detailbibliothek, um die Details eindeutig im Gebäude zuordnen zu können, und um den eindeutigen Datenaustausch mit der Fertigung zu gewährleisten.

Um die Anzahl der Details zu reduzieren sind variable Anschlüsse vorzuziehen, die im Falle der Außenwände z.B. auch für unterschiedliche Fassadenbekleidungen funktionieren.

Daher wurden für die Außenwände die Aufbauten AW01a, AW01b und AW01d verwendet, die sich hierfür besonders eignen, da sie bis zur Hinterlüftungsebene einen identischen Aufbau besitzen.

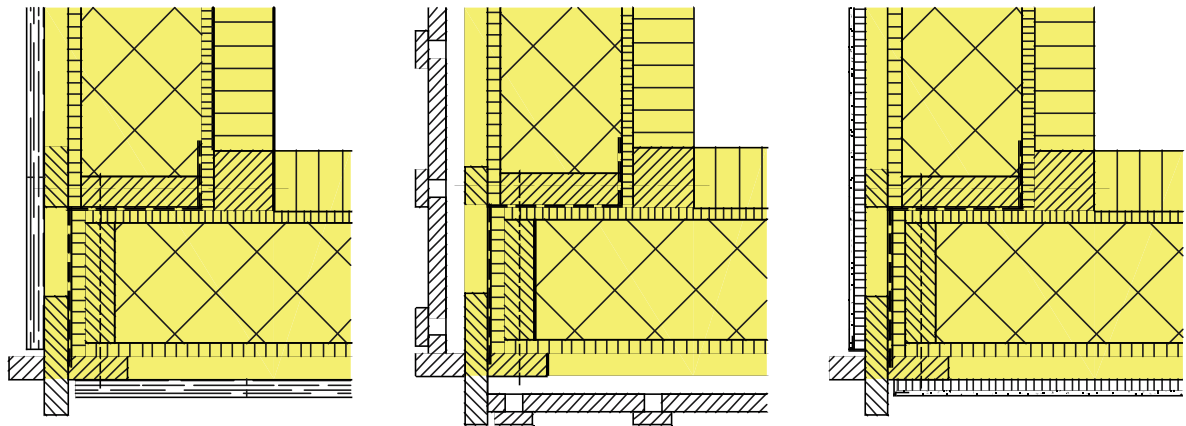


Abbildung 6-9: Details Gebäudeecke, hor./vert. Schalung, Putz, M 1:10

Unabhängig von der Fassadenbekleidung bleibt der 'Kern' identisch, während die 'Schale' variiert werden kann. Hier kann z.B. auch auf der einen Seite der Ecke eine Putzfassade ausgeführt werden, und auf der anderen Seite eine Holzschalung, ohne dass das Detail geändert werden muß.

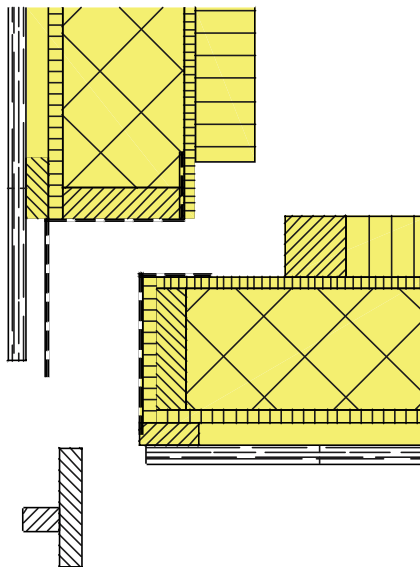


Abbildung 6-10: Detail Fügung, M 1:10

Im Vergleich zum Projekt Bornstedter-Feld können die in basys entwickelten Wandelemente komplett vorgefertigt werden. Bei dem Eckanschluß wird die Luftdichtungsebene über Folien nach Außen geführt und nach der Verbindung der Wände abgeklebt. Für die Verbindungsschrauben müssen in regelmässigen Abständen kurze Schalungsbretter

freigelassen werden, die dann nachträglich eingeschoben werden, bevor die Eckleisten abschliessend montiert werden.

Die Unterkonstruktion in der Dämmebene hat im Vergleich zu Bornstedter-Feld keine gekreuzten sondern einfache vertikale Holzständer. Das Einblasen von Zellulosedämmung, das bereits im Werk stattfinden kann, wird dadurch vereinfacht.

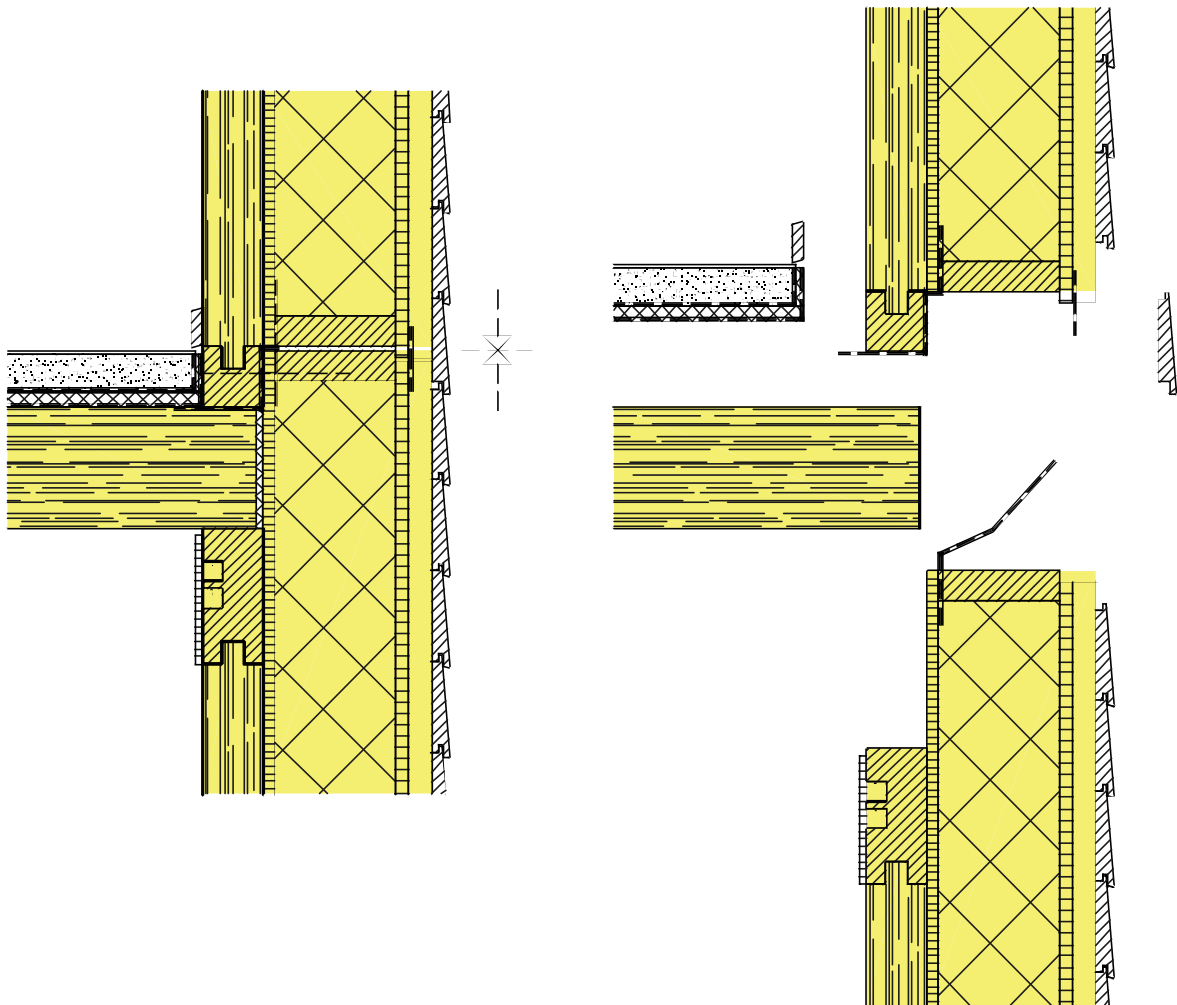


Abbildung 6-11: Detail Fügung Außenwände-Decke, M 1:10

Bei der vertikalen Fügung der Außenwände mit der Decke werden die 2 Außenwände ebenfalls komplett vorgefertigt. Ein nachträgliches Einlegen eines Wärmedämmelements im Bereich der Deckenstirn, wie es im Projekt Bornstedter Feld geplant war, ist daher nicht mehr erforderlich. Die Vormontage eines Schwellholz entfällt ebenfalls, da das obere Wandelement einfach direkt auf die Decke aufgesetzt wird. Die Folien für die Luftdichtung werden auf der oberseite der Decke eingeklappt und verklebt.

Der Fußbodenaufbau wird nachträglich vor Ort ausgeführt.

Weitere optimierte Details sind im Detailkatalog zusammengestellt, der sich im Anhang befindet.

### **6.1.5 Integration der Haustechnik**

Nachfolgend dargestellte Lösungen betreffen die Ausführungstechnische Integration der Haustechnik in den Brettstapel. Der Brettstapel soll dabei in sichtbarer Ausführung möglich sein.

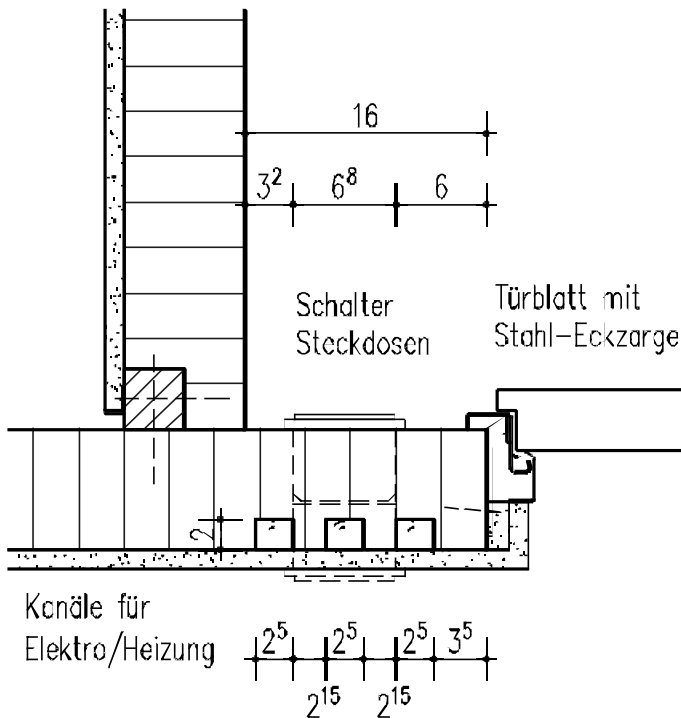
Weitere Anforderungen sind:

- Hohes Maß an Vorfertigung
- Gute Zugänglichkeit für Wartung und Nachrüstung
- Hoher Komfort für die Nutzer (Behaglichkeit, Gesundheit, Bedienbarkeit)
- Lebenszyklusoptimierung
- Hohe Designqualität

#### **6.1.5.1 Vertikale Leitungsverteilung**

Den Hauptteil der vertikalen Verteilung der Haustechnik übernimmt ein zentral gelegener Schacht, an dem die für die Haustechnik wesentlichen Räume (Bad, WC, Küche) angeordnet sind.

Untergeordnete vertikale Leitungen für Elektro und Heizung können auch direkt im Brettstapel in Wandkanälen untergebracht werden, wie nachfolgend dargestellt.



Nebensiehendes Beispiel zeigt einen Medienkanal für Elektroleitungen, der aus 3 ausgefrästen vertikalen Nuten in der Brettstapel-Innenwand besteht. Die Nuten sind durch die Gipsfaserplatte abgedeckt, die bei der Brettstapel-Innenwand generell auf einer Seite benötigt wird.

In den Nuten sind Leerrohre passend eingelegt. Dies hat den Vorteil, dass nachträglich Leitungen durchgezogen werden können. Außerdem werden keine Befestigungsmittel für die Kabel benötigt.

Abbildung 6-12: Medienkanal für Elektro, M 1:5

Es können hier nun neben der Tür auf beiden Wandseiten Schalter, Steckdosen, Verteilerdosen oder z.B. Regler für die Heizung angebracht werden.

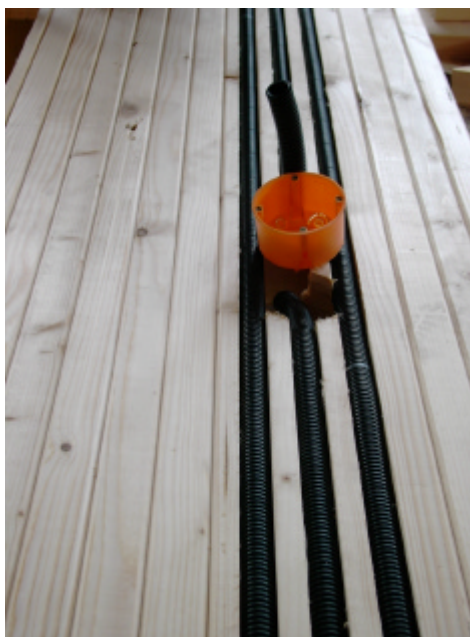


Abbildung 6-13: Ausgeführter Medienkanal

### 6.1.5.2 Horizontale Leitungsverteilung

Die horizontale Verteilung der Haustechnik findet bei konventionellen Lösungen in der Regel in einer 3-4 cm dicken Ausgleichsschicht im Fußboden statt. Dabei wird für den Aufbau meist Styropor verwendet.

Für diese aufwändige und materialintensive Lösung wurden beim basys-System auch aus ökologischer und lebenszyklischer Betrachtung Alternativen entwickelt.

Im Vergleich zu der vertikalen Leitungsverteilung kann die horizontale Leitungsverteilung allerdings nicht ohne weiteres in gefrästen Kanälen untergebracht werden, da dies unter Umständen die statische Funktion des Brettstapels beeinträchtigt.

Nachfolgendes Detail zeigt die horizontale Zwischen-Verteilung der Haustechnikleitungen im Installationsraum einer abgehängten Decke im Flur. Von dort werden die einzelnen Räume versorgt.

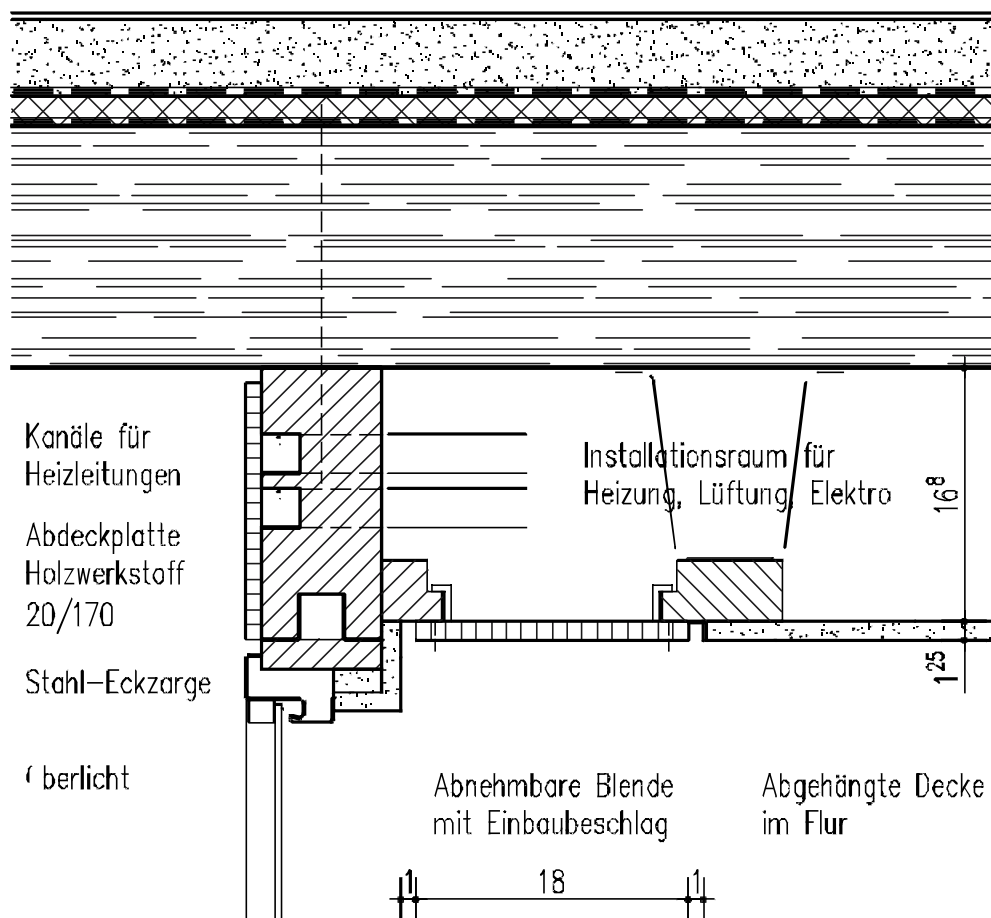


Abbildung 6-14: Abgehängte Decke, Heizleitungen im Rähm, M 1:5

Von der abgehängten Decke aus werden auch die Elektro-Medienkanäle neben den Türen angefahren.

Heizleitungen innerhalb der Räume können ähnlich wie bei dem Elektro-Medienkanal in gefrästen Nuten mit eingelegten Leerrohren geführt werden. Dieses Prinzip funktioniert bei Innenwänden und bei Außenwänden gleichermaßen. Mit den Heizleitungen können sowohl raumhohe Heizkörper, als auch die in basys favorisierte Lehmwandheizfläche versorgt werden.



Abbildung 6-15: Heizleitungen im Rähm, Wandheizfläche



Im oberen Rähm der Brettstapelwand kann eine Öffnung für die Versorgung der Räume mit kontrollierter Lüftung vorgesehen werden. Diese wird ebenso in der abgehängten Decke geführt.



Abbildung 6-16: Versorgung mit kontrollierter Lüftung

Aufgrund der erhöhten Anforderungen an die Anpassbarkeit und der statischen Probleme von horizontalen Kanälen in der Brettstapelwand, wurde für die weitere Verteilung der Elektroleitungen in den Räumen eine Integration in den Sockelleisten vorgezogen.

Diese erfolgt von dem vertikalen Medienkanal neben der Tür aus innerhalb von Kabelkanälen in den Sockelleisten. Die Problematik der Unterbrechung der Sockelleiste durch die Tür, kann umgangen werden, indem ein vertikaler Medienkanal auf beiden Seiten der Tür angeordnet wird. Vorzugsweise wird die Verteilung in den Sockelleisten an Innenwänden stattfinden, da Außenwände häufig durch raumhohe Fenster unterbrochen sind.

Steckdosen werden in Ausfräsungen im Brettstapel über der Sockelleiste integriert. Eine kurze Nut verbindet den Kabelkanal in der Sockelleiste mit der Steckdose. Die Ausfräsungen

für die Dosen werden vorzugsweise im Werk ausgeführt, können aber auch nachträglich gebohrt und ausgestemmt werden.

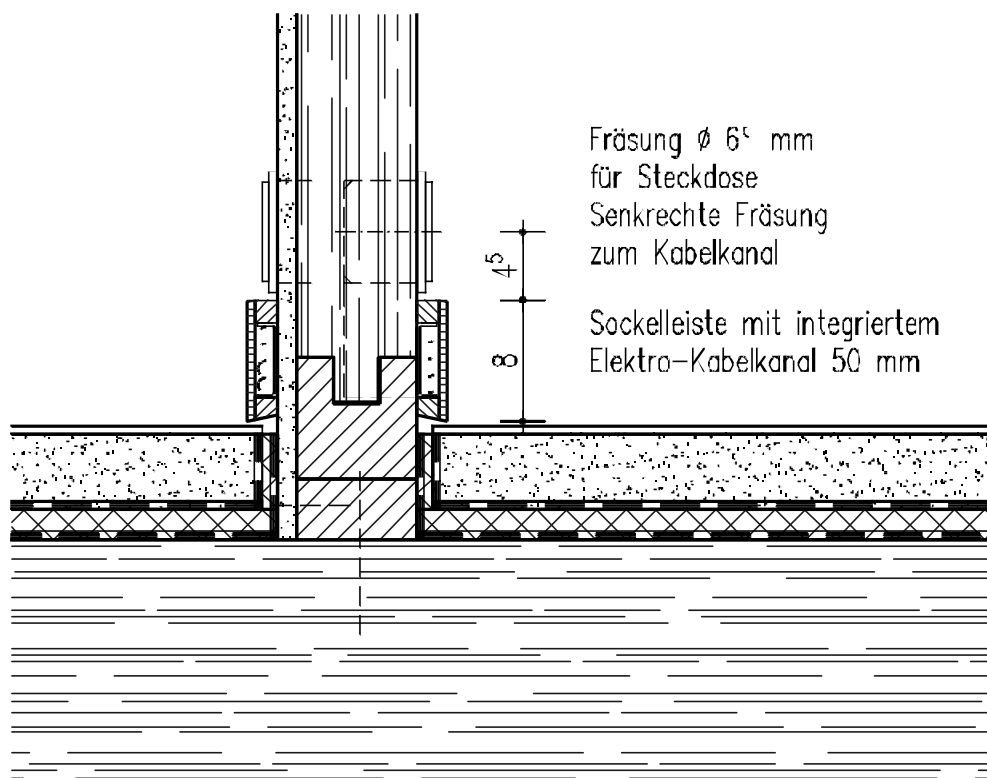


Abbildung 6-17: Innenwand mit Elektroverteilung in der Sockelleiste

### 6.1.5.3 Sanitär

Die spezifischen Eigenschaften der Brettstapelwand, sichtbar belassen zu werden und gleichzeitig als Träger der Sanitärobjekte zu dienen, ohne dass eine Vorwandinstallation benötigt wird, wurden hier insbesondere berücksichtigt.

Die direkte Verwendung der Brettstapelwand für die Haustechnikintegration hat außerdem den Vorteil, dass sehr viel an Haustechnik bereits werkseitig vorinstalliert werden kann. Das Brettstapелеlement wird mit eingelegten Leitungen und vormontierten Befestigungsmitteln direkt auf die Baustelle geliefert. Vor Ort müssen nur noch Sanitärgegenstände und Armaturen montiert werden

Nachfolgend ein Beispiel, wie Wasseranschlüsse der Fa. Sanipex mittels Ausfräsungen in den Brettstapel integriert werden können.



Abbildung 6-18: Sanitärinstallation

Bei der praktischen Ausführung dieser Integrationsmöglichkeiten hat sich allerdings gezeigt, dass solche komplexen Ausfräsungen entsprechend aufwändig sind.

Bei der Entwicklung des optimierten Wohnbautyps wurde dies berücksichtigt. Dort ist an Bad und WC ein vertikaler, zugänglicher Installationskanal angeordnet. Daher können die Leitungen ohne Ausfräsung direkt an die Rückseite des Brettstapels montiert werden.

Der Problematik des sichtbaren Brettstapels in Feuchträumen kann dadurch begegnet werden, dass z.B. im Bereich des Waschbeckens ein Spritzschutz aus Plexiglas montiert wird. Natürlich ist es auch prinzipiell möglich, eine zusätzliche Beplankung aus Gipsfaserplatten und aufgeklebten Fliesen auszuführen.

## 6.2 Optimierter Wohnbautyp

### 6.2.1 Ausgangspunkt

Seit den Anfängen der Brettstapeltechnologie sind eine Vielzahl unterschiedlichster Gebäude in dieser Bauweise entstanden. Dies zeigt, dass man mit Brettstapel fast alles machen kann. Nicht alles davon ist sinnvoll. Meist wurden diese Gebäude 'konventionell' entworfen. Brettstapelspezifische Belange, auch hinsichtlich Statik, Fertigung, Montage und Integration der Haustechnik wurden dabei im Entwurfstadium nicht berücksichtigt. Fachingenieure und Hersteller mussten sich zu einem späteren Zeitpunkt damit befassen, was häufig zu aufwändigen und unbefriedigenden Lösungen führte. Zudem wurden Abläufe auf die Baustelle verlagert, die schneller und präziser in der Produktionshalle durchgeführt werden könnten.

### 6.2.2 Ziele und Vorgaben

Aufbauend auf das im vorigen Kapitel entwickelte Baumodell und den Anforderungskatalog, soll ein für das Brettstapelsystem optimiertes Wohnbausystem entworfen werden. Die Optimierung betrifft insbesondere das Haustechnikkonzept; aber auch Belange der Fertigung und Montage sollen schon im Entwurfsstadium berücksichtigt werden.

Darüber hinaus soll das Gebäude einer Bewertung mit LEGOE hinsichtlich Kosten, Energie, Ökologie und Gesundheit unterzogen werden, um auch eine Optimierung in Bezug auf den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes zu erzielen.

Die entwickelten Grundrisse sollen darüber hinaus frei und flexibel nutzbar sein ( z.B. durch nichttragende Innenwände), um verschiedene Organisationsformen der Räume und eine spätere Umnutzung zu ermöglichen.

Bei der Entwicklung des optimierten Wohnbautyps stand es außerdem im Vordergrund, eine einfache und vielseitig verwendbare Grundrisslösung für unterschiedlichste Anforderungen zu finden. Es sollte keine Einzellösung entstehen, die bei der nächsten Bauaufgabe schon nicht mehr funktioniert.

### 6.2.3 basys-Typ

Aufgrund der typologischen Untersuchung wurde der quadratische Reihenhaustyp als besonders geeignet für die Weiterentwicklung der Brettstapeltechnologie im verdichteten Wohnungsbau ausgewählt, da er sowohl hinsichtlich den Anforderungen als auch hinsichtlich der Weiterentwicklung zu einem Siedlungsbausystem das größte Potential bietet.

Den Ausgangspunkt bildet ein 'Minimalhaus', dass im folgenden als basys-Typ bezeichnet wird. Das Minimalhaus stellt einen 2-geschossigen Reihen-Mittelhaustyp dar, mit quadratischem Grundriss und Innenmassen von 8 m, ohne Keller und Dachgeschoss, in dem auch sämtliche technische Ausstattung untergebracht ist.

Auf diesem basys-Typ baut die städtebauliche Typologie mit dem Brettstapel-Wohnbausystem auf. Er bildet die Grundlage für weitere Gebäudetypen wie Einfamilienhaus, Doppelhaus und Kettenhaus.

Außer den unterschiedlichen Gebäudetypen umfasst das Wohnbausystem verschiedenen Dachformen und Anbauvarianten.

Gebäudetypen:

- Reihemittel- und Endhaus mit variabler Achsbreite
- Doppelhaus
- Freistehendes Einfamilienhaus
- Kettenhaus

Dachformen:

- Flachdach
- Pultdach
- Satteldach
- Zeltdach
- Staffelgeschoss mit Dachterrasse

Anbauvarianten:

- Abstellraum
- Solarzone (Wintergarten, Balkon)
- Erker (auskragend)

### 6.2.3.1 Tragsystem

Der basys-Typ basiert auf einem Quadratster von 8 x 8 m Gebäudeinnenmaß. Mit 8 m ist die Grenze für die Spannweite einer Brettstapeldecke überschritten. Es wird daher ein Unterzug mit Stütze als Sekundärtragsystem benötigt, der die Spannweite auf 4 m reduziert. Der Unterzug hat die selbe optische Höhe von 18 cm wie das umlaufende obere Wandrähm. Liegt die benötigte Stütze in Gebäudemitte, wird der Unterzug ca. 20 cm breit. Durch verschieben der Stütze kann die Spannweite und somit die Dimension des Unterzugs reduziert werden.

Durch die gewählte Spannrichtung der Decken ist es bei Bedarf möglich, mit den Decken über die Fassade auszukragen.

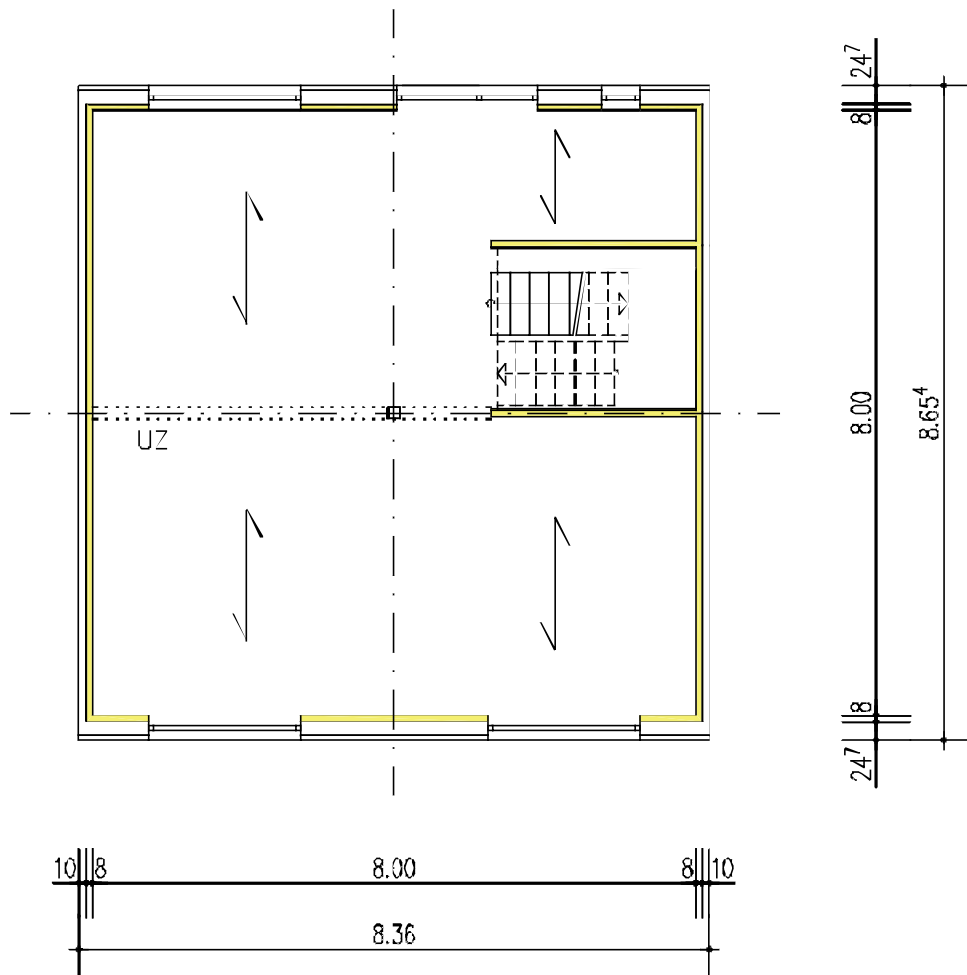


Abbildung 6-19: Grundriss Tragsystem, M 1:100

Die Treppenwand unter dem Unterzug wird als aussteifende Wand ausgeführt.

Die zweite Treppenwand wird wegen der Treppenöffnung als Auflager für die Decke benötigt. Ein Treppenwechsel ist nicht erforderlich.

Abgesehen von den genannten Treppenwänden und den Vorgaben durch Stütze und Unterzug ist es möglich, sämtliche Innenwände frei und flexibel anzuordnen.

### 6.2.3.2 Grundrisse

Der Grundriss erlaubt eine Flexibilität von offenen Raumbeziehungen und geschlossenen, gleichwertigen Räumen. Treppe und Flur sind zum Wohnzimmer hin abtrennbar. Es ist daher auch eine spätere Möglichkeit der Umnutzung und Umgestaltung vorhanden.

Fixpunkte sind: Eingang, Treppe und Installationsschacht.

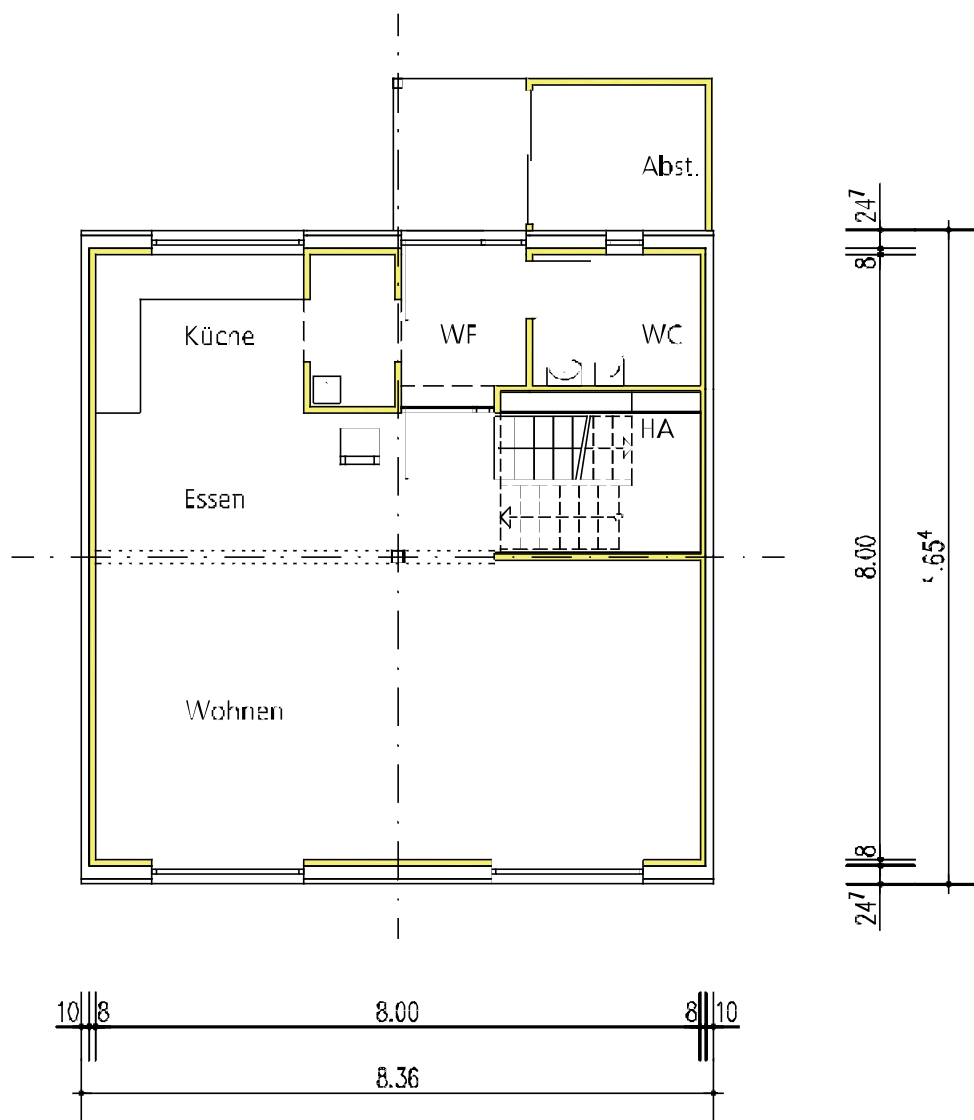


Abbildung 6-20: Grundriss EG, M 1:100

Der Quadratische Grundriß bietet die Möglichkeit von gleichwertigen, flexibel und multifunktionalen Individualräumen.

Der Einsatz eines Smart-Ofens, der mit Holzpelletts betrieben wird, garantiert eine CO<sub>2</sub>-neutrale Energieversorgung. Die Anordnung des Pellettlagers im 1.OG über dem Smart-Ofen sorgt für eine einfache Beschickung, ohne zusätzliche Mechanik.

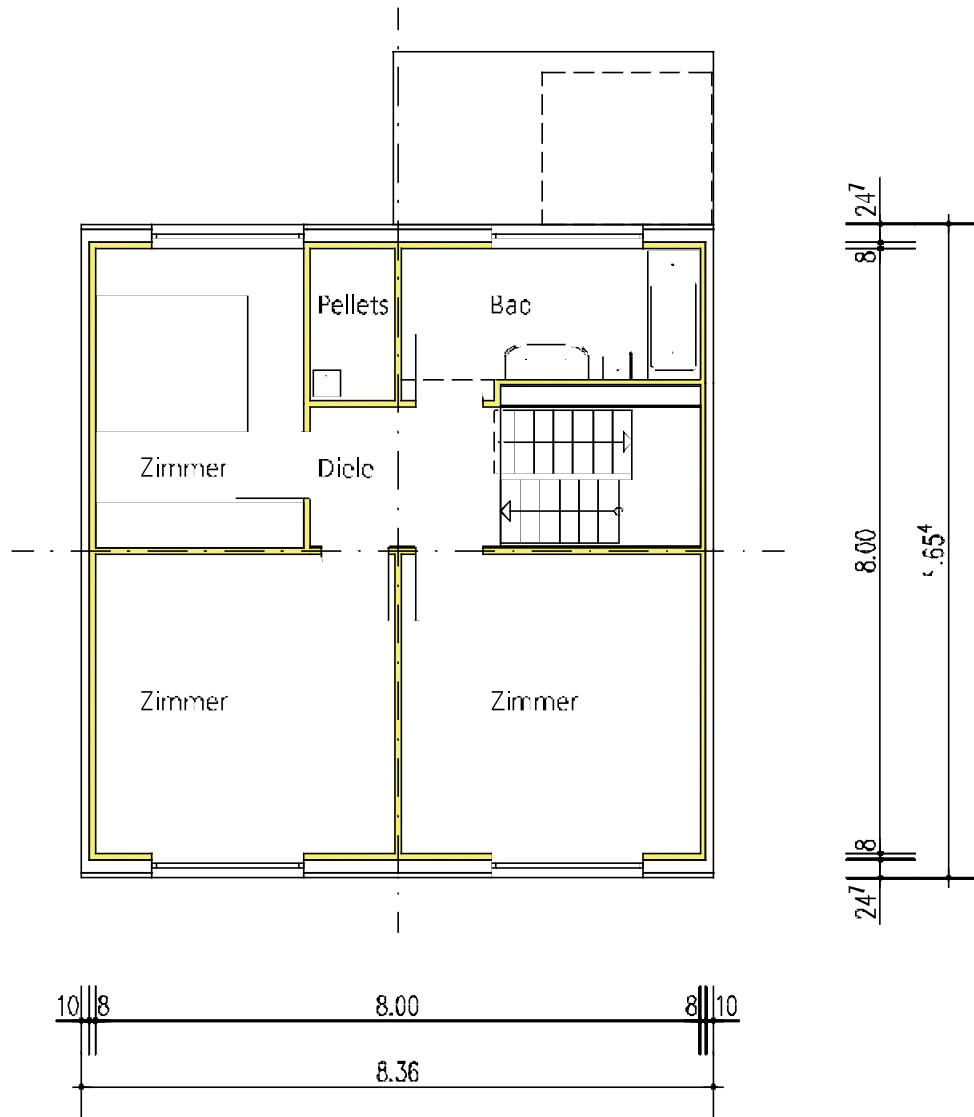


Abbildung 6-21: Grundriss OG, M 1:100



Im EG kann problemlos ein zusätzlicher Raum abgetrennt werden.

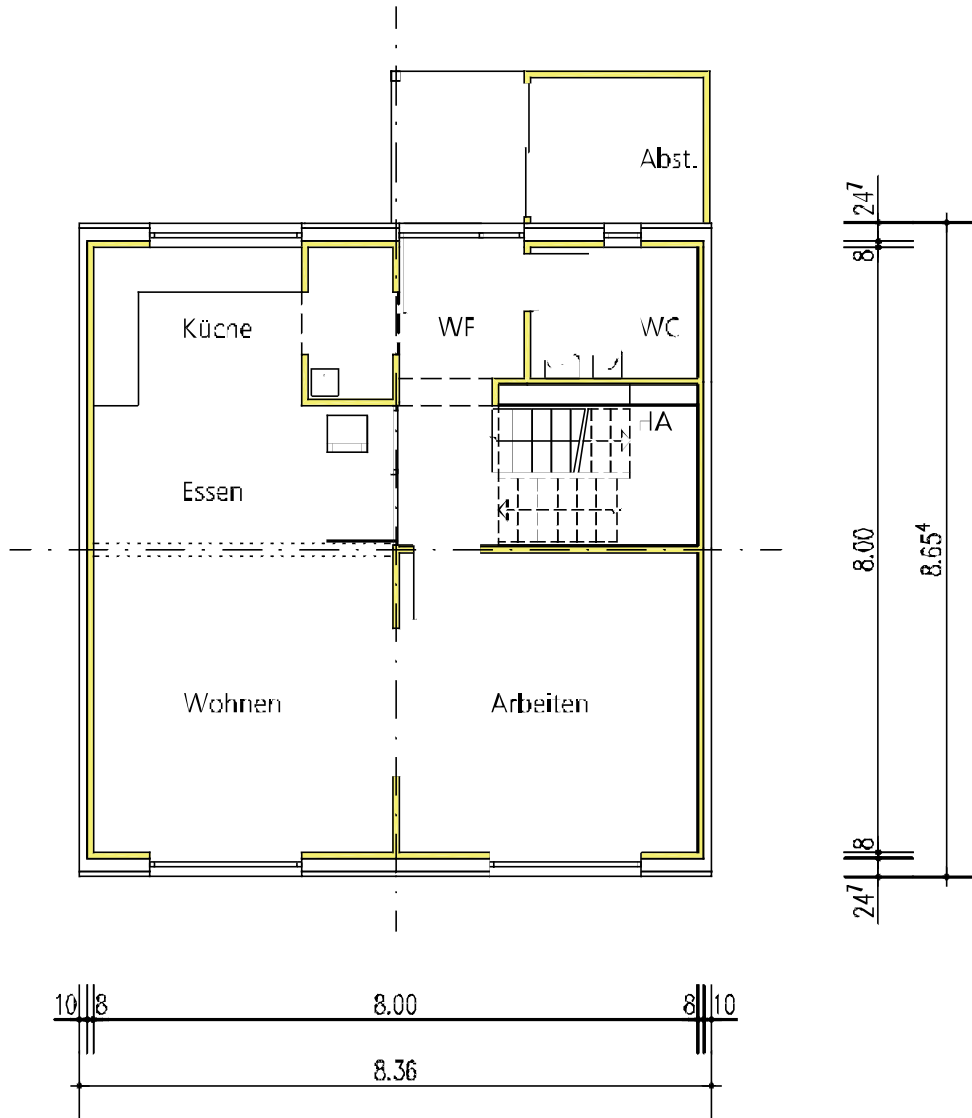


Abbildung 6-22: Grundriss EG, zusätzlicher Raum, M 1:100

Es sind weitere, vielfältige Grundriss-Varianten möglich, z.B. auch mit abgetrenntem Flur und Treppenhaus, wie nachfolgendes Beispiel, in diesem Fall ohne Smart-Ofen, zeigt.

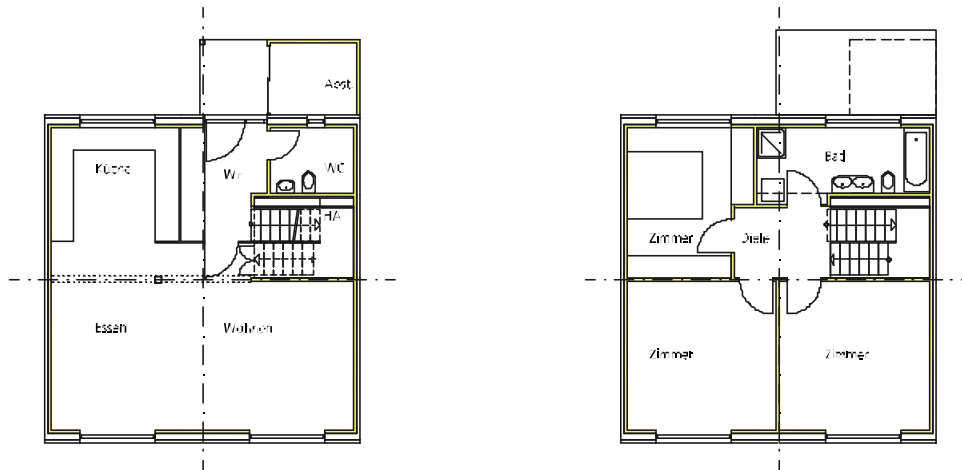


Abbildung 6-23: Grundrissvarianten EG und OG, M 1:200

### 6.2.3.3 Schnitte

Der basys-Typ ist nicht unterkeller und benötigt daher zumindest einen Abstellraum.

Da der Smart-Ofen im Sommer nicht in Betrieb ist, müssen zusätzlich Sonnenkollektoren für die Warmwasserbereitung eingesetzt werden.

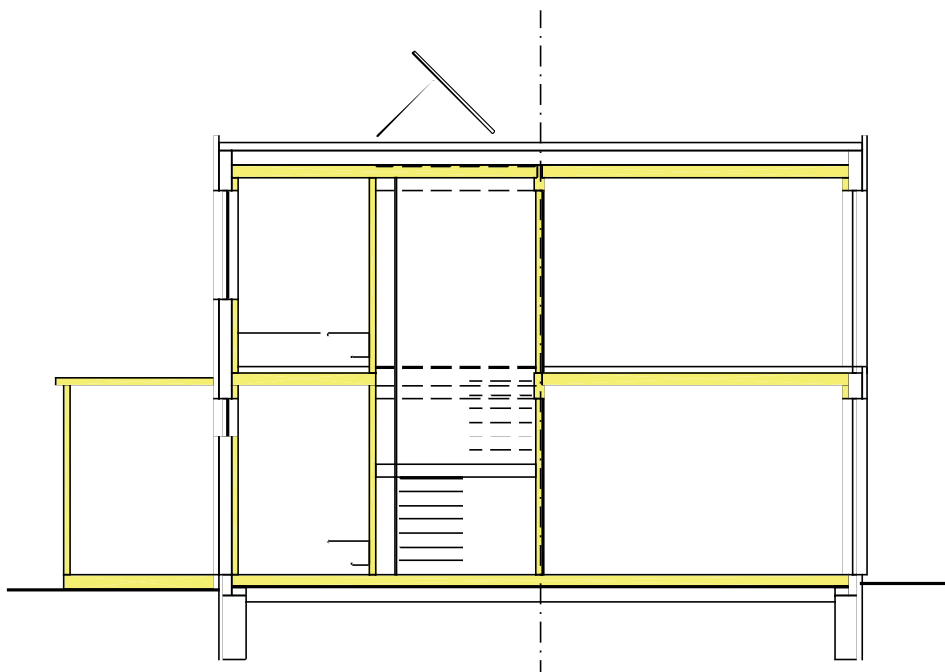


Abbildung 6-24: Schnitt basys-Typ, M 1:100

Aufgrund des Tragsystems ist eine unterschiedliche Geschossigkeit möglich; bis zur Grenze von Gebäuden geringer Höhe. Das Tragsystem erlaubt außerdem eine Vielzahl von verschiedenen Dachformen.

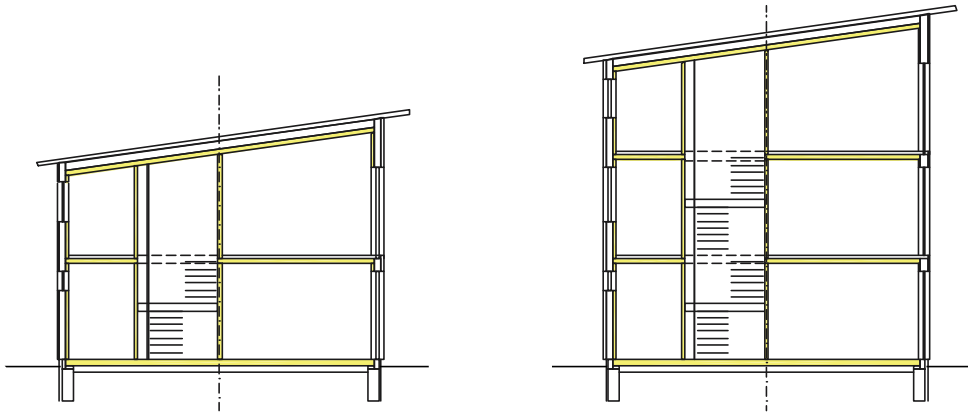


Abbildung 6-25: Schnitte Pulldach, 2- und 3-geschossig, M 1:200

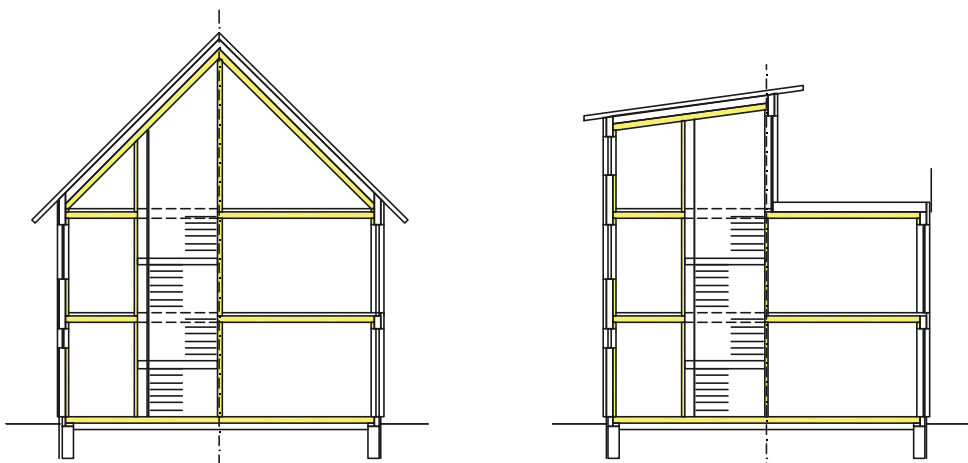


Abbildung 6-26: Schnitte Satteldach, Staffelgeschoss, M 1:200

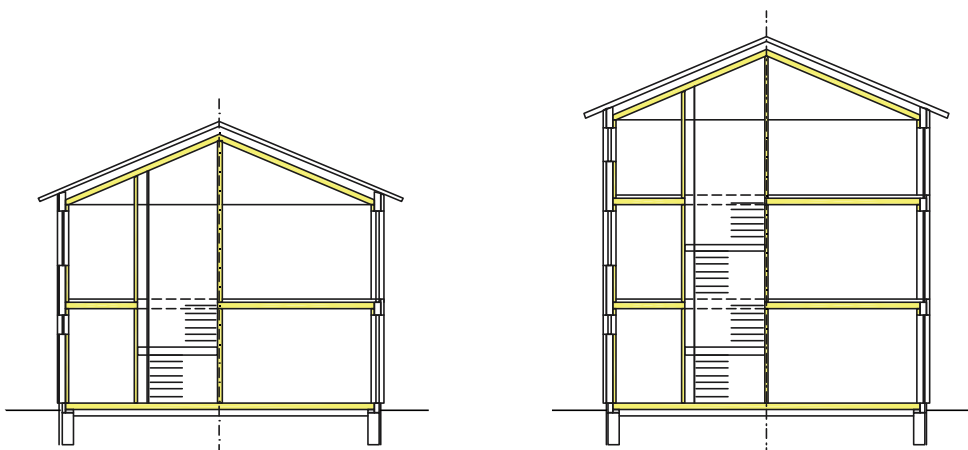


Abbildung 6-27: Schnitte Zeltdach, 2- und 3-geschossig, M 1:200

## 6.2.4 Haustechnikkonzept

Die im vorigen Kapitel dargestellten Lösungen zur Integration der Haustechnik in die Brettstapelbauteile stellen prinzipielle Möglichkeiten dar. Ob diese Lösungen richtig sind, kann nur entschieden werden, wenn diese Integrationslösungen in einem Gesamtsystem untersucht werden.

Der Verteilung der Haustechnik im Gebäude kommt eine besondere Bedeutung zu. Für jeden Raum muss es, ähnlich wie eine Erschließung für den Nutzer, eine Erschließung durch die Medien der Haustechnik geben. Dabei gibt es unterschiedliche Abhängigkeiten zwischen:

- vertikaler Haustechnikverteilung
- horizontaler Haustechnikverteilung
- Erschließung der Räume (Flur)
- Belichtung der Räume durch Tageslicht
- Flexibilität der Raumnutzung

Diese Abhängigkeiten wurden anhand schematischer Grundrisse untersucht und bei der Entwicklung des optimierten Wohnbautyps berücksichtigt.

Im basys-Typ kann sowohl die optimierte Haustechnik (Smart, Holzpellets, Lehmwandheizung, ..) als auch eine Standardausstattung installiert werden. Weiterführende Angaben zur optimierten Haustechnik sind im Abschlußbericht des Forschungsprojektpartners Fa. s&h solar-energiekonzepte zu finden.

Die Ausstattung der Räume kann gleichwertig sein, um eine flexible Nutzung zu ermöglichen.

### 6.2.4.1 Haustechnik-Verteilung

Die Verteilung der Haustechnik im Gebäude erfolgt hierarchisch von einer Grobverteilung im vertikalen Installationsschacht (Geschosse), über eine horizontale Zwischenverteilung in abgehängten Decken (Räume), bis zu der Feinverteilung innerhalb der Räume (Wände).

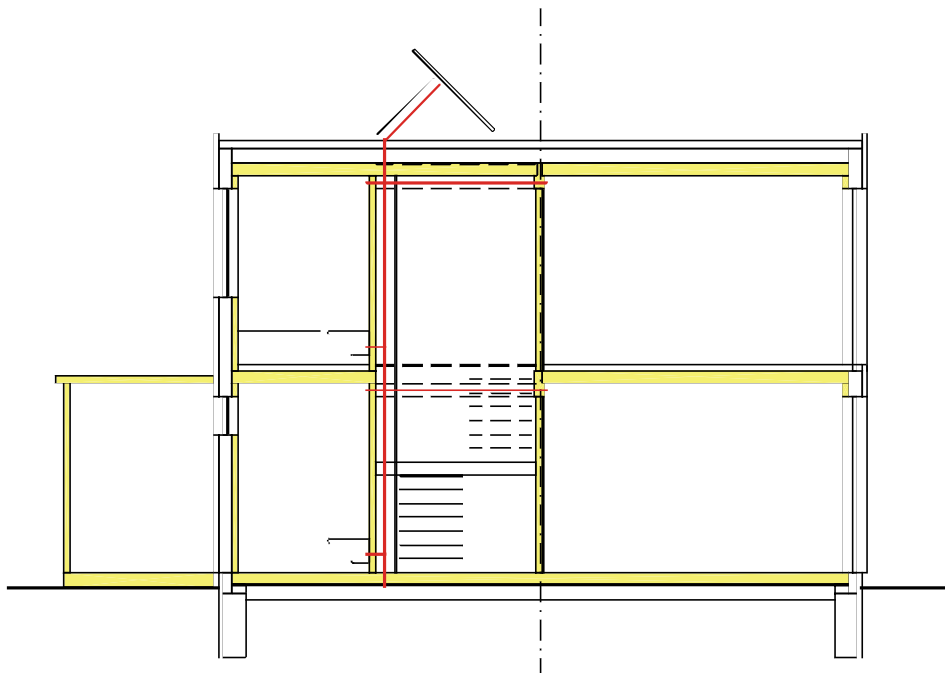
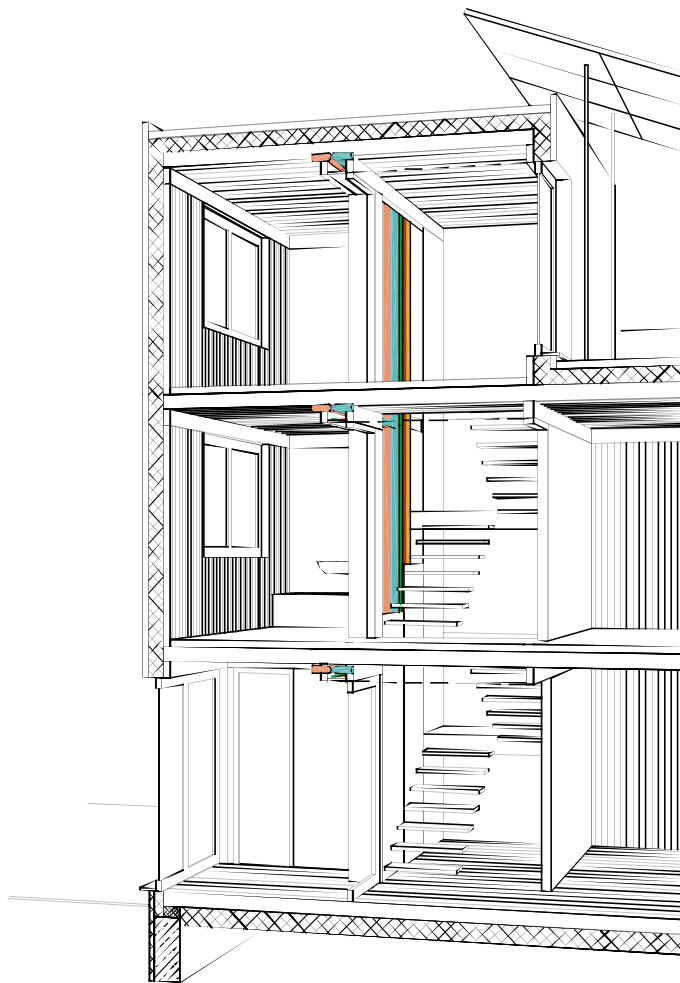


Abbildung 6-28: Grob- und Zwischenverteilung der Haustechnik, M 1:100

Zwischen WC/Bad und Podesttreppe verläuft die vertikale Installationsebene, die von der Treppe her über Türen oder abschraubbare Elemente frei zugänglich ist. Hier liegt auch der Hausanschlussschrank, der vom Podest aus erreicht wird. Die für den Betrieb des Smart-Ofens benötigten Kollektoren können an den Schacht direkt angeschlossen werden.

In abgehängten Decken im Flur, die eine Verbindung zu dem vertikalen Schacht haben und ebenfalls frei zugänglich sind, kann eine horizontale Verteilung der Installation zu den Räumen erfolgen. Die abgehängten Decken haben eine Verbindung zu der vertikalen Installationsebene.



Die Zugänglichkeit des Installationschachts und der abgehängten Decken garantieren ein Höchstmaß an Flexibilität bei Wartung, Instandsetzung und Nachrüstung.

Die weitere Verteilung in den Räumen erfolgt in Wandkanälen im Brettstapel (Medienkanal neben Tür, Heizungskanäle im Rähm) und in den Sockelleisten.

Abbildung 6-29: Schnittperspektive Haustechnikverteilung

#### 6.2.4.2 Heizung

Der Einsatz eines Smart-Ofens, der mit Holzpeletts betrieben wird, garantiert eine CO<sub>2</sub>-neutrale Energieversorgung. Neben der direkten Beheizung des Raumes wird außerdem warmes Wasser für Heizung und Sanitär erzeugt.

Die Anordnung des Pelettlagers über dem Smart-Ofen sorgt für eine einfache Beschickung, ohne zusätzliche Mechanik.

Bei der zum Einsatz kommenden Lehmwandheizung ist der Raum von einer warm strahlenden Heizfläche umgeben. Somit ist eine gleichmäßige Temperaturverteilung gewährleistet.

Der hohe Strahlungsanteil der Wandheizung und die feuchtigkeitsausgleichende Wirkung des Lehmes sorgen für ein angenehmes, behagliches Raumklima.

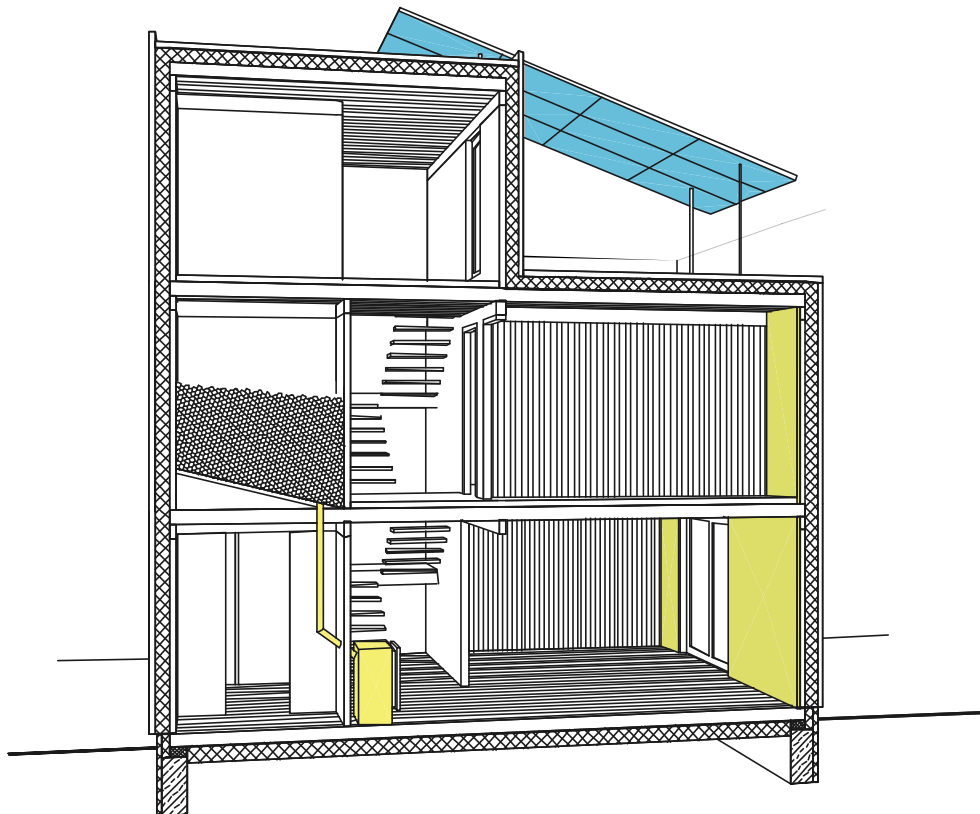


Abbildung 6-30: Schnittperspektive erweiterter basys-Typ, Heizung, Solarenergie

Photovoltaik zur Stromerzeugung und Sonnenkollektoren zur Warmwasserbereitung leisten einen zusätzlichen Beitrag für die regenerative Energieerzeugung.

Da der Smart-Ofen im Sommer nicht in Betrieb ist, müssen auf jeden Fall Sonnenkollektoren für die Warmwasserbereitung eingesetzt werden.

#### 6.2.4.3 Sanitär

Sanitärgegenstände liegen direkt an der Installationsebene und können unmittelbar auf die Brettstapelwand montiert und an den Schacht angeschlossen werden. Eine weitgehende Vormontage im Werk ist daher problemlos möglich.

#### 6.2.4.4 Lüftung

Für eine kontrollierte Lüftung können sowohl Zuluft- (z.B. für Erdkanal) als auch Abluftkanäle in Schacht und abgehängter Decke geführt werden. Der Anschluß an die Räume erfolgt durch eine Ausfräsung im oberen Rähm von der abgehängten Decke aus.

## 6.2.5 Modulare Raum- und Mediierschliessung

Im EG bilden Eingang, Windfang/Flur, Treppe, WC und Installationsschacht eine Modulare Raum- und Medien-Erschliessung, die sich auch über das OG mit Treppe, Flur, Bad und Installationsschacht erstreckt.

Dieses quadratische Modul mit 4 x 4 m reicht über 2 Geschosse und liegt im Eckviertel des quadratischen basys-Typs.

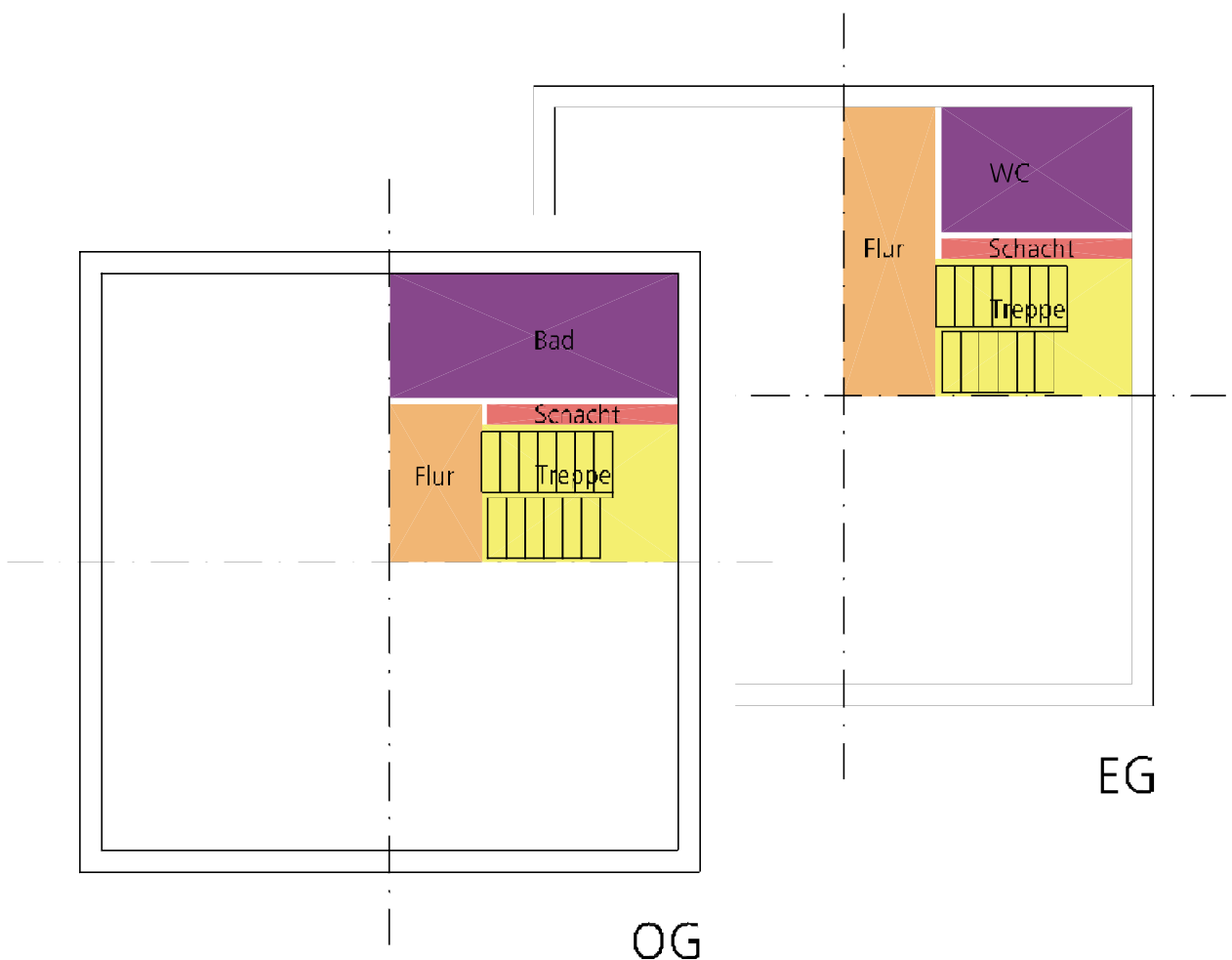


Abbildung 6-31: Grundriss, Modul für Raum- und Mediierschliessung

Das Modul-Prinzip bietet den Vorteil, dass die Haustechnik-Planung innerhalb des Moduls weitgehend geklärt werden kann. Das Modul kann dann mit geringfügigen Anpassungen für verschiedene Grundrisslösungen eingesetzt werden, wie im nachfolgenden Kapitel dargestellt.



## 6.2.6 Typologien für das Modulsystem

Das quadratische Modul mit 4 x 4 m kann durch Drehung (90°-270°) und Spiegelung um die Modulachse acht zusätzliche Modulvarianten bilden, die auch neue Grundrisslösungen ermöglichen, ohne dass die grundsätzliche Erschließungsplanung geändert werden muss. Unter Umständen muss das statische System geringfügig modifiziert werden.

Bei den Modulen 0 und 90 liegt der Flur zum Zentrum des Gebäudes hin. Diese Anordnung ist günstig für Gebäude, die ebenerdig erschlossen werden, bzw. auch für Hochparterrehäuser, bei denen der Eingang über den Podest der Podesttreppe führt.

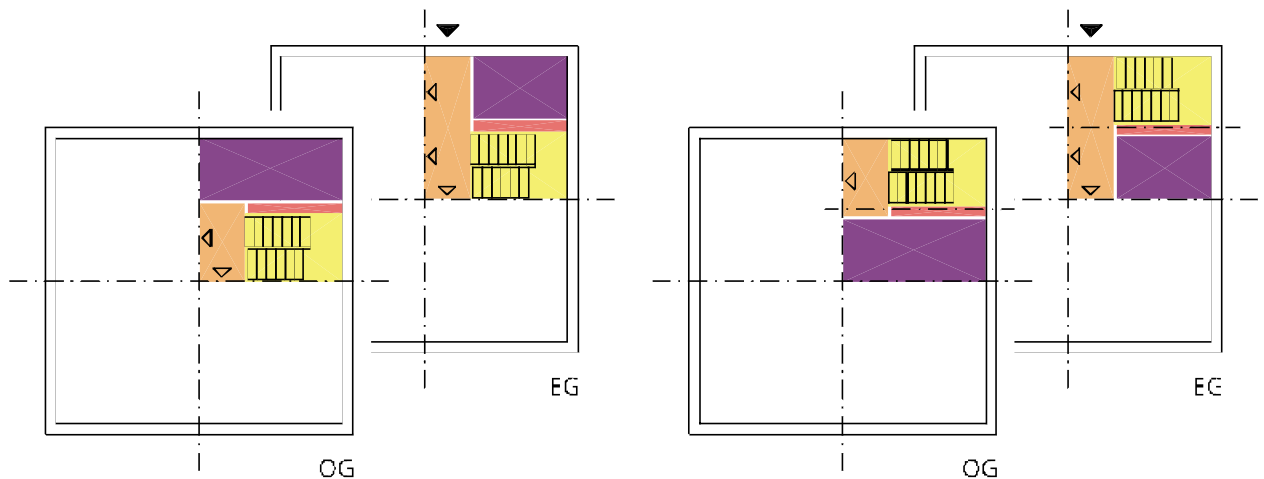


Abbildung 6-32: Modul 0 und Modul 0' (gespiegelt)

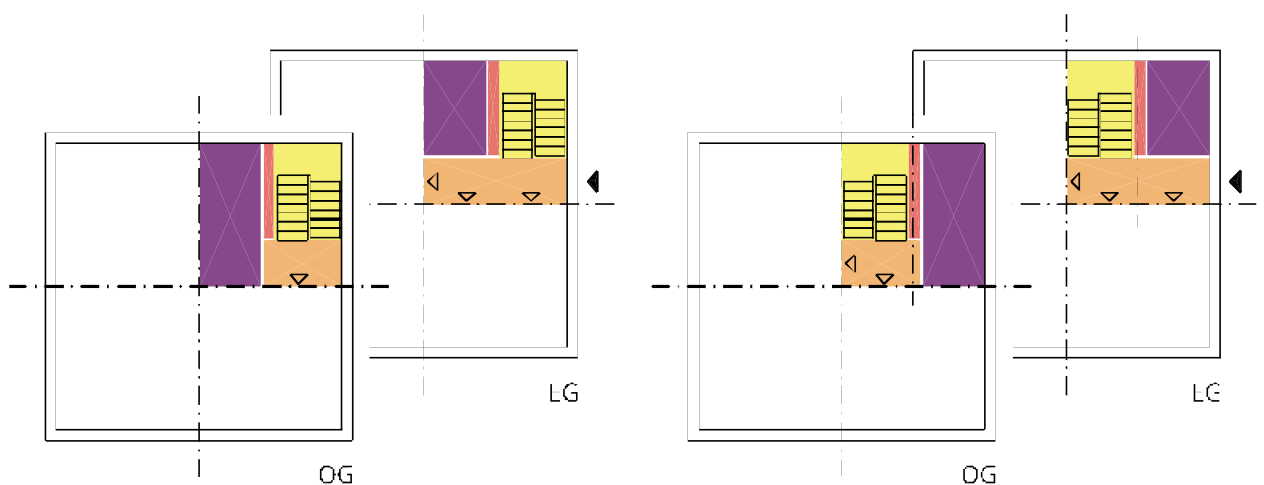


Abbildung 6-33: Modul 90 und Modul 90' (gespiegelt)

Bei den Modulen 180 und 270 liegt der Flur an der Außenwand. Diese Anordnung ist daher eher für Splitlevel-Grundrisse geeignet, bei dem auch Zimmer vom Treppenpodest aus erschlossen werden können.

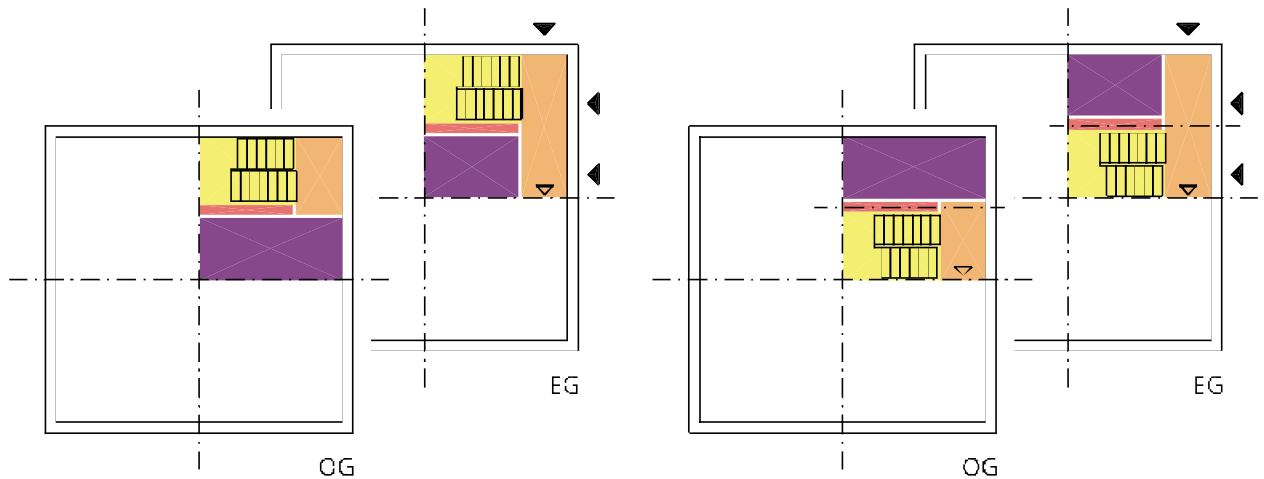


Abbildung 6-34: Modul 180 und Modul 180' (gespiegelt)

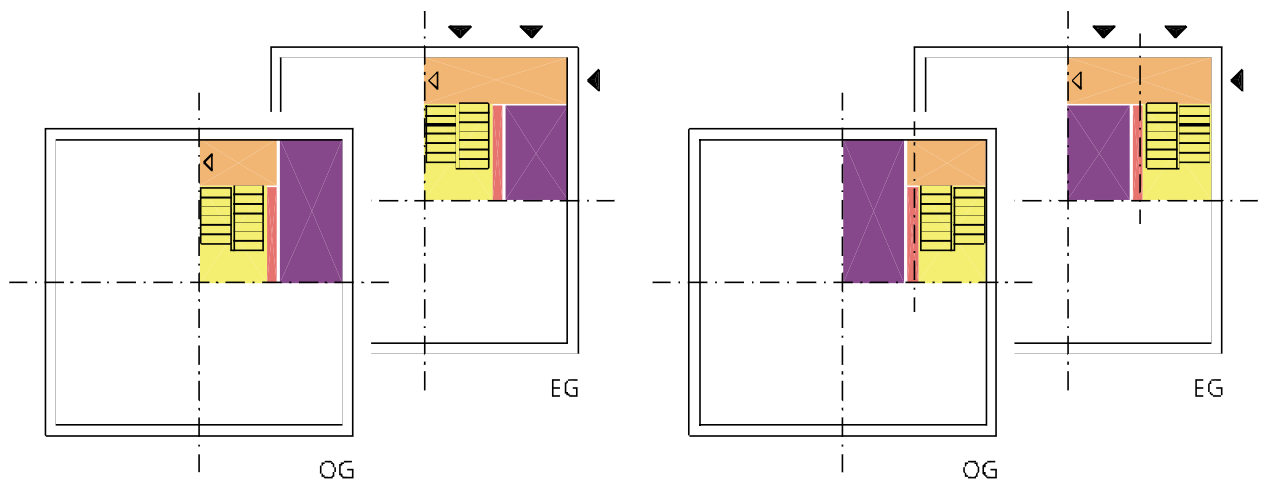


Abbildung 6-35: Modul 270 und Modul 270' (gespiegelt)

Die Räume, die an dem Modul liegen sind in ihrer Größe variabel. Es ist daher auch möglich, vom Quadrattyp abzuweichen und rechteckige Grundrisse zu bilden, z.B. für ein schmales Reihenhaus. Die Größe von Bad und WC ist ebenfalls flexibel. Lediglich die Anordnung am Schacht darf nicht geändert werden.

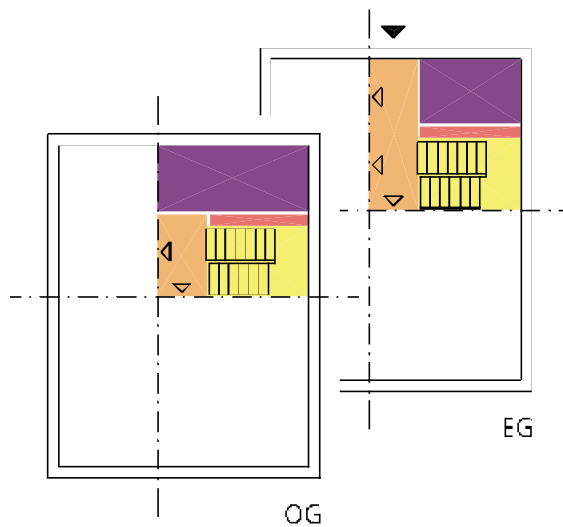


Abbildung 6-36: Modul 0, schmales Rechteckhaus

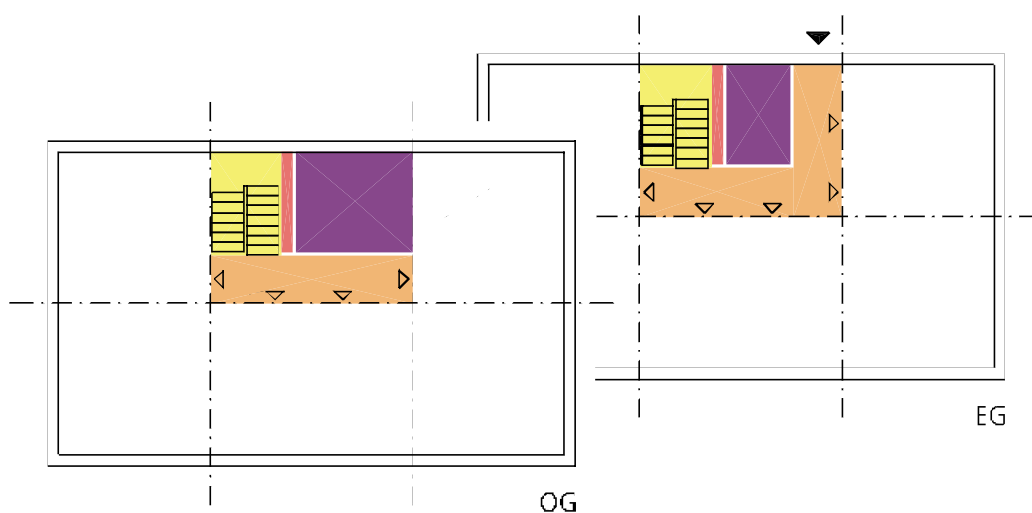


Abbildung 6-37: Modul 0, breites Rechteckhaus

## 7 Ergebnis und Ausblick

Das basys-System für die Haustechnikintegration hat gezeigt, dass eine hohe Vorfertigung in diesem Bereich nicht notwendigerweise mit einem höheren Planungsaufwand verbunden sein muß. Die Berücksichtigung von zugänglichen, flexibel Ausfüllbaren Margen (Schacht, abgehängte Decke) für Nachrüstung, Instandsetzung und Wartung, ursprünglich gedacht für die Zukunft, ermöglicht natürlich auch eine 'flexible' Handhabung der Planung in der Gegenwart. Es können hier noch kurzfristig, während der Bauzeit, veränderte Bauherrenwünsche berücksichtigt werden. Dies entbindet natürlich nicht von einer guten Haustechnikplanung.

Auch die Medienkanäle neben der Tür und die Heizkanäle im Rähm können generell ausgeführt werden. Das Planen von Schlitzten kann daher größtenteils entfallen. Der Hersteller kann sich im Falle des Rähms, bereits mit Kanälen versehene Ware zukaufen.

Das vorgestellte Modulsystem für die Raum- und Mediienschliessung könnte ebenfalls mit einer standardisierten Planung zum Einsatz kommen.

Durch den Einsatz der abgehängten Decke im Flur für die horizontale Haustechnikverteilung kann auf eine Ausgleichsebene im Fußboden verzichtet werden. Die Ausführung einer Ausgleichsebene in jedem Geschoß ist aufwändig und ökologisch bedenklich, da hierfür in der Regel Styropor verwendet wird. Hier sind deutliche Vorteile in Bezug auf Kosten und Ökologie zu verzeichnen.

Das Haustechnik-Verteilssystem funktioniert sehr gut an einem konventionellen Grundriß, bei dem alle Zimmer an dem Flur mit der abgehängten Decke liegen. Für offene Grundrisse, wie z.B. beim basys-Typ im EG müssen u.U. Sonderlösungen geplant werden. Trotzdem dürfte das basys-System für die Haustechnikintegration bei 80 - 90% der vorkommenden Grundrisse funktionieren.

Die durchgängige CAD-CAM-Kette und die Schnittstellen zu LEGOE und den Projektpartnern wurden zwar verwirklicht und demonstriert, das weitergehende Ziel, ein für alle Projektpartner einheitliches Datenmodell zur Verfügung zu stellen, konnte jedoch nicht durchgängig umgesetzt werden. Die demonstrierte Lösung ist aus Sicht des Architekten als Anwender wenig praktikabel, da Änderungen oder Ergänzungen z.B. durch den Haustechnikplaner im CAD nicht berücksichtigt werden. Hier ist ein manuelles Nachführen notwendig.

Die Arbeit mit dem CAD Programm Speedikon erwies sich in Verbindung mit der Schnittstelle zu LEGOE, und der geschößweisen Gliederung des Gebäudes als recht mühsam. Hier dürfte die neue Handeingabe-Möglichkeit von LEGOE für mehr Akzeptanz sorgen.

Der Detailkatalog wurde aufgrund der nicht zu bewältigenden Anzahl an möglichen Details bisher auf die Regeldetails beschränkt.

Falls es gelingt den Brettstapelverband und die im Verband zusammengeschlossenen Firmen vom basys-System zu überzeugen, könnte der Detailkatalog innerhalb des Verbandes weitergeführt werden. Der Katalog könnte somit bei immer mehr Projekten zum Einsatz kommen.

Im Anschluß an das Forschungsprojekt, beim dem in Bezug auf die Haustechnikintegration und die Auswertung mit LEGOE, ein singuläres Gebäude betrachtet wurde, wäre es ein notwendiger Schritt, diese Untersuchungen im städtebaulichen Kontext weiterzuführen. Hier wäre weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeit erforderlich.

## **8 Ergebniskontrollbericht**

### **8.1 Beitrag zu den förderpolitischen Zielen**

Einer der wesentlichsten Beiträge zu den förderpolitischen Zielen liegt in der frühzeitigen Zusammenführung der Fachkenntnisse der Fachplaner im Zuge einer Integralen Planung. Insbesondere der Integration der Haustechnik, in den Architekturüberlegungen schon im Städtebau und insbesondere im Detail. Obwohl ein sehr breites Wissen über Vorfertigung im Holzbau bei kleinen und mittelständischen, handwerklich orientierten Unternehmen besteht, gibt es auf den Baustellen diesbezüglich häufig eine geringe Akzeptanz.

Durch das Verbundvorhaben und dem damit einhergehenden Wissenstransfer wurde das Zusammenspiel von Architektur, Haustechnik und hoher Vorfertigungsgrad neu überdeckt und integriert. Somit konnte der Wissenstransfer über das Werkzeug Integrale Planung und über das „virtuelle Büro“ sehr positiv beeinflusst werden.

### **8.2 Wissenschaftlich-Technisches Ergebnis**

Es entstand eine Städtebauliche Typologie und eine Gebäudetypologie bezogen auf den verdichteten Flachbau in der Brettstapelholztechnologie.

Hauptergebnis ist ein Bausystem aus Brettstapелеlemente mit einem vielseitigen Detail- und Elementkatalog, der aus den Erfahrungen und Vergleichen mit einem verwirklichten Projekt (Bornstedter-Feld, Potsdam) entwickelt wurde.

Außerdem wurde ein auf die Brettstapeltechnologie optimierter Wohnungsbautyp mit den optimierten Regeldetails entwickelt.

Bezüglich der Integration der Haustechnik wurden bautechnische und konzeptionelle Lösungen entwickelt, die deutliche Verbesserungen hinsichtlich Vorfertigung und der Zugänglichkeit und Flexibilität für Nachrüstung, Wartung und Instandsetzung bieten

Das Bausystem ist über diverse Schnittstellen an die CAD-CAM-Kette sowie an das Programm LEGOE verknüpft.

Neben dem Bausystem hat das Verbundvorhaben wesentliche und grundsätzliche Erkenntnisse hinsichtlich der Kooperation und dem erforderlichen Datenaustausch im Bauwesen zu Tage gefördert, welche bestehende Modellierungsansätze relativieren und ergänzen.

## **8.3 Fortschreibung des Verwertungsergebnisses**

### **8.3.1 Erfindungen und Schutzrechte**

Das Architekturbüro Eble hat keine eigenen Schutzrechte oder Patente angemeldet. Uns sind auch keine, dem Projekt entgegenstehenden Patente bekannt.

### **8.3.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten**

Aufgrund mehrfacher Anfragen nach dem Bausystem von Bauherrenseite wie von Herstellerseite wird mit guten Erfolgsaussichten gerechnet. Auch die Messebesuche zeigen, dass das basys-System im Holzbaubereich mit der Integration der Haustechnik durch einen integralen Planungsprozess seiner Zeit einen Schritt Voraus ist. Für eine konsequente Ausnutzung der Potenziale sind allerdings Optimierungen und Ausbau im Bereich des Elementkataloges bezüglich höherer Elementierung und geringerer Montageaufwand vor Ort notwendig, eventuell auch eine Neuentwicklung von sichtbaren reversiblen HLSE-Verteilssystemen.

Wesentliche Elemente des Bausystems basys werden in modifizierter Form in verschiedenen Projekten des Büros Eble, u.a. auch für Aquisition, angewendet.

### **8.3.3 Wissenschaftliche/Technische Erfolgsaussichten**

Die Gütegemeinschaft der Brettstapel- und Dübelholzhersteller erarbeitet derzeit einen Detailkatalog, welcher wesentliche Inhalte aus dem Verbundvorhaben enthält und Planern wie Herstellern zur Verfügung gestellt wird.

Das basys-System wurde bereits mehrfach Architektenkollegen und innerhalb von Arbeitskreisen vorgestellt, wo reges Interesse bekundet wurde. Unter anderem auch bei der interdisziplinären ökologischen Organisation GAIA International.

### **8.3.4 Wissenschaftliche/Wirtschaftliche Anschlussfähigkeit**

Im Anschluß an das Forschungsprojekt, beim dem in Bezug auf die Haustechnikintegration und die Auswertung mit LEGOE, ein singuläres Gebäude betrachtet wurde, wäre es ein notwendiger Schritt, diese Untersuchungen im städtebaulichen Kontext weiterzuführen. Hier wäre weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeit erforderlich.

Der Brettstapelelementkatalog, die Vorteile der CAD-CNC-Produktion von Brettstapelelementen und die vollständige Dokumentation des Gebäudes mit Wartungsanleitung ist dem Brettstapelverband mit Sitz in Stuttgart in Auszügen vorgestellt worden. Nach Abschluß der Forschungsarbeit soll eine gesamte Dokumentation des Projektes dem Verband auf CD-ROM zur Verfügung gestellt werden. Die Verbundpartner wollen die im Verband zusammengeschlossenen Firmen von den im Projekt bearbeiteten Aspekten informieren und von den wirtschaftlichen Vorteilen überzeugen:

- Höherer Vorfertigungsgrad
- Integrierte Haustechnik
- Lebenszyklusbezogene Gebäudebilanzierung
- Gebäudedokumentation
- Wartungsanleitung

## **8.4 Ungelöste Arbeiten**

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden alle Aspekte des Teilvorhabens bearbeitet und mit dokumentierten Ergebnissen abgeschlossen.

Lediglich während der systematischen Arbeit mit Element- und Detailkatalog wurde deutlich, dass durch die Vielfalt des Elementkatalogs eine Detailanzahl entstand, die im Rahmen des Forschungsprojekts nicht zu bewältigen war. Hier musste der Zielrahmen auf die Regeldetails eingeschränkt werden.



## **8.5 Präsentationsmöglichkeiten**

Als Präsentationsmöglichkeit, speziell für Messen, wurde eine CD erstellt, auf welcher die Inhalte des Verbundvorhabens plakativ dargestellt sind. Neben dem Einzelbericht jedes Partners präsentiert die CD-ROM das Gesamtergebnis aller Projektpartner, um die Abhängigkeiten zwischen den Teilergebnissen zu verdeutlichen.

Darüber hinaus existiert eine Website unter der Adresse [www.basysnetz.de](http://www.basysnetz.de) die das Forschungsprojekt vorstellt.

## **8.6 Einhaltung von Kosten und Zeitplan**

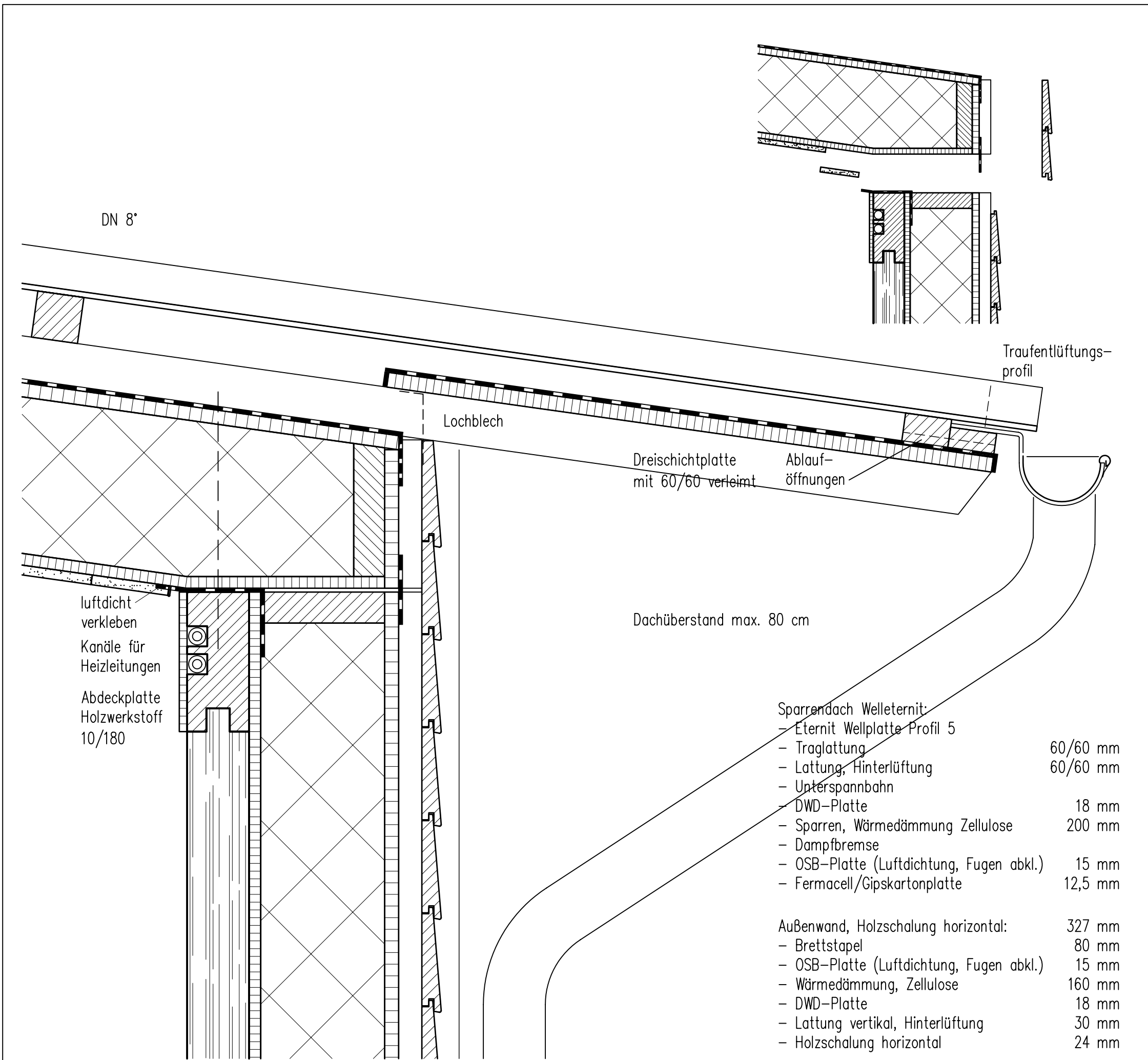
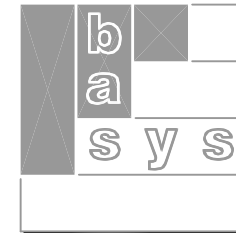
Trotz verspätetem Projektstart konnte der Zeitrahmen ohne Verlängerung eingehalten werden. Obwohl leichte Verschiebungen im Ausgabengefüge erforderlich waren, wurde der Kostenrahmen eingehalten.

## Abbildungsverzeichnis

|                 |  |      |
|-----------------|--|------|
| Abbildung 2-1:  | Ablaufschema Planung, Fertigung, Montage                       | 2-9  |
| Abbildung 2-2:  | Geschossflächenzahl als Maß der Verdichtung                    | 2-10 |
| Abbildung 2-3:  | Verdichteter Wohnungsbau, Bornstedter Feld, Arge Brenne - Eble | 2-10 |
| Abbildung 2-4:  | Wände und Decke aus Brettstapel, Arge Brenne - Eble            | 2-11 |
| Abbildung 4-1:  | Gebäude geringer Höhe  | 4-18 |
| Abbildung 4-2:  | Räume, die nicht als Aufenthaltsräume gelten                   | 4-18 |
| Abbildung 4-3:  | Hochparterrehaus (nicht in allen Bundesländern)                | 4-18 |
| Abbildung 4-4:  | Ulm, JEA   | 4-20 |
| Abbildung 4-5:  | Berlin Karower Damm, JEA                                       | 4-21 |
| Abbildung 4-6:  | Wunschhaus Hamburg, JEA  | 4-22 |
| Abbildung 4-7:  | Kirchheim u.T., JEA  | 4-23 |
| Abbildung 4-8:  | Asperg, JEA  | 4-24 |
| Abbildung 4-9:  | Steinheim, JEA   | 4-26 |
| Abbildung 4-10: | Berlin, JEA  | 4-27 |
| Abbildung 4-11: | Luckau, JEA  | 4-28 |
| Abbildung 4-12: | Freiburg, JEA  | 4-29 |
| Abbildung 4-13: | Stuttgart, JEA   | 4-30 |
| Abbildung 5-1:  | Musterhaus Ansichten   | 5-32 |
| Abbildung 5-2:  | Musterhaus EG, M 1:100   | 5-33 |
| Abbildung 5-3:  | Musterhaus OG, M 1:100   | 5-33 |
| Abbildung 5-4:  | Musterhaus Schnitt AA, M 1:100                                 | 5-34 |
| Abbildung 5-5:  | Musterhaus, 3D-Schnittperspektive                              | 5-34 |
| Abbildung 5-6:  | Aufteilung der basys-Groblemente in Feinelemente               | 5-37 |
| Abbildung 5-7:  | Dialogbox zum Einrichten eines Projektes                       | 5-39 |
| Abbildung 5-8:  | Projektinformationen   | 5-40 |
| Abbildung 5-9:  | Daten zum Baugrundstück  | 5-40 |
| Abbildung 5-10: | Erzeugen eines Grundrisses                                     | 5-41 |
| Abbildung 5-11: | Dialog zwischen CAD und Sirados                                | 5-43 |
| Abbildung 5-12: | Excelprotokoll eines verknüpften Erdgeschosses                 | 5-44 |
| Abbildung 5-13: | Gebäude erzeugen   | 5-45 |
| Abbildung 5-14: | Dialog zwischen CAD und Sirados, pdb-Ausgabe LEGOE             | 5-46 |
| Abbildung 5-15: | Spinnendiagramm für Projektvergleiche                          | 5-48 |

|                 |  |      |      |
|-----------------|--|------|------|
| Abbildung 5-16: | Musterhaus, Speedikon 3D-Gebäudemodell                 | 5-50 |      |
| Abbildung 5-17: | Multifunktionsbrücke mit Brettstapelelement            | 5-51 |      |
| Abbildung 5-18: | Brettstapel mit Elektroinstallation                    | 5-52 |      |
| Abbildung 5-19: | Brettstapelmodell Sanitärwand                          | 5-53 |      |
| Abbildung 5-20: | Verfahrens- und Arbeitsanweisungen                     | 5-56 |      |
| Abbildung 5-21: | Lageplan Bornstedter Feld, Potsdam                     | 5-58 |      |
| Abbildung 5-22: | Typ A, Ansicht Endtyp                                  | 5-60 |      |
| Abbildung 5-23: | Typ A, Schnitt, M 1:200                                | 5-60 |      |
| Abbildung 5-24: | Typ A, Grundrisse EG, OG und DG, M 1:200               | 5-60 |      |
| Abbildung 5-25: | Typ B, Ansicht Endtyp                                  | 5-61 |      |
| Abbildung 5-26: | Typ B, Schnitt, M 1:200                                | 5-61 |      |
| Abbildung 5-27: | Typ B, Grundrisse EG, OG und UG, M 1:200               | 5-61 |      |
| Abbildung 6-1:  | Außenwand mit horizontaler Schalung                    | 6-68 |      |
| Abbildung 6-2:  | Außenwand mit vertikaler Schalung                      | 6-69 |      |
| Abbildung 6-3:  | Außenwand mit hinterlüfteter Putzträgerplatte          | 6-69 |      |
| Abbildung 6-4:  | Standard-Brettstapeldecke                              | 6-70 |      |
| Abbildung 6-5:  | Brettstapeldecke für erhöhten Schallschutz             | 6-70 |      |
| Abbildung 6-6:  | Brettstapeldecke oberseitig sichtbar                   | 6-71 |      |
| Abbildung 6-7:  | Brettstapel-Flachdach mit Begrünung                    | 6-71 |      |
| Abbildung 6-8:  | Geneigtes Brettstapeldach                              | 6-72 |      |
| Abbildung 6-9:  | Details Gebäudeecke, hor./vert. Schalung, Putz, M 1:10 | 6-75 | 6-75 |
| Abbildung 6-10: | Detail Fügung, M 1:10                                  | 6-75 |      |
| Abbildung 6-11: | Detail Fügung Außenwände-Decke, M 1:10                 | 6-76 |      |
| Abbildung 6-12: | Medienkanal für Elektro, M 1:5                         | 6-78 |      |
| Abbildung 6-13: | Ausgeführter Medienkanal                               | 6-78 |      |
| Abbildung 6-14: | Abgehängte Decke, Heizleitungen im Rähm, M 1:5         | 6-79 | 6-79 |
| Abbildung 6-15: | Heizleitungen im Rähm, Wandheizfläche                  | 6-80 |      |
| Abbildung 6-16: | Versorgung mit kontrollierter Lüftung                  | 6-81 |      |
| Abbildung 6-17: | Innenwand mit Elektroverteilung in der Sockelleiste    | 6-82 | 6-82 |
| Abbildung 6-18: | Sanitärinstallation                                    | 6-83 |      |
| Abbildung 6-19: | Grundriss Tragsystem, M 1:100                          | 6-86 |      |
| Abbildung 6-20: | Grundriss EG, M 1:100                                  | 6-87 |      |
| Abbildung 6-21: | Grundriss OG, M 1:100                                  | 6-88 |      |
| Abbildung 6-22: | Grundriss EG, zusätzlicher Raum, M 1:100               | 6-89 | 6-89 |

|                 |   |      |
|-----------------|---|------|
| Abbildung 6-23: | Grundrissvarianten EG und OG, M 1:200                           | 6-90 |
| Abbildung 6-24: | Schnitt basys-Typ, M 1:100                                      | 6-90 |
| Abbildung 6-25: | Schnitte Pultdach, 2- und 3-geschossig, M 1:200                 | 6-91 |
| Abbildung 6-26: | Schnitte Satteldach, Staffelgeschoss, M 1:200                   | 6-91 |
| Abbildung 6-27: | Schnitte Zeltdach, 2- und 3-geschossig, M 1:200                 | 6-91 |
| Abbildung 6-28: | Grob- und Zwischenverteilung der Haustechnik, M 1:100           | 6-93 |
| Abbildung 6-29: | Schnittperspektive Haustechnikverteilung                        | 6-94 |
| Abbildung 6-30: | Schnittperspektive erweiterter basys-Typ, Heizung, Solarenergie | 6-95 |
| Abbildung 6-31: | Grundriss, Modul für Raum- und Medienschiessung                 | 6-96 |
| Abbildung 6-32: | Modul 0 und Modul 0' (gespiegelt)                               | 6-97 |
| Abbildung 6-33: | Modul 90 und Modul 90' (gespiegelt)                             | 6-97 |
| Abbildung 6-34: | Modul 180 und Modul 180' (gespiegelt)                           | 6-98 |
| Abbildung 6-35: | Modul 270 und Modul 270' (gespiegelt)                           | 6-98 |
| Abbildung 6-36: | Modul 0, schmales Rechteckhaus                                  | 6-99 |
| Abbildung 6-37: | Modul 0, breites Rechteckhaus                                   | 6-99 |



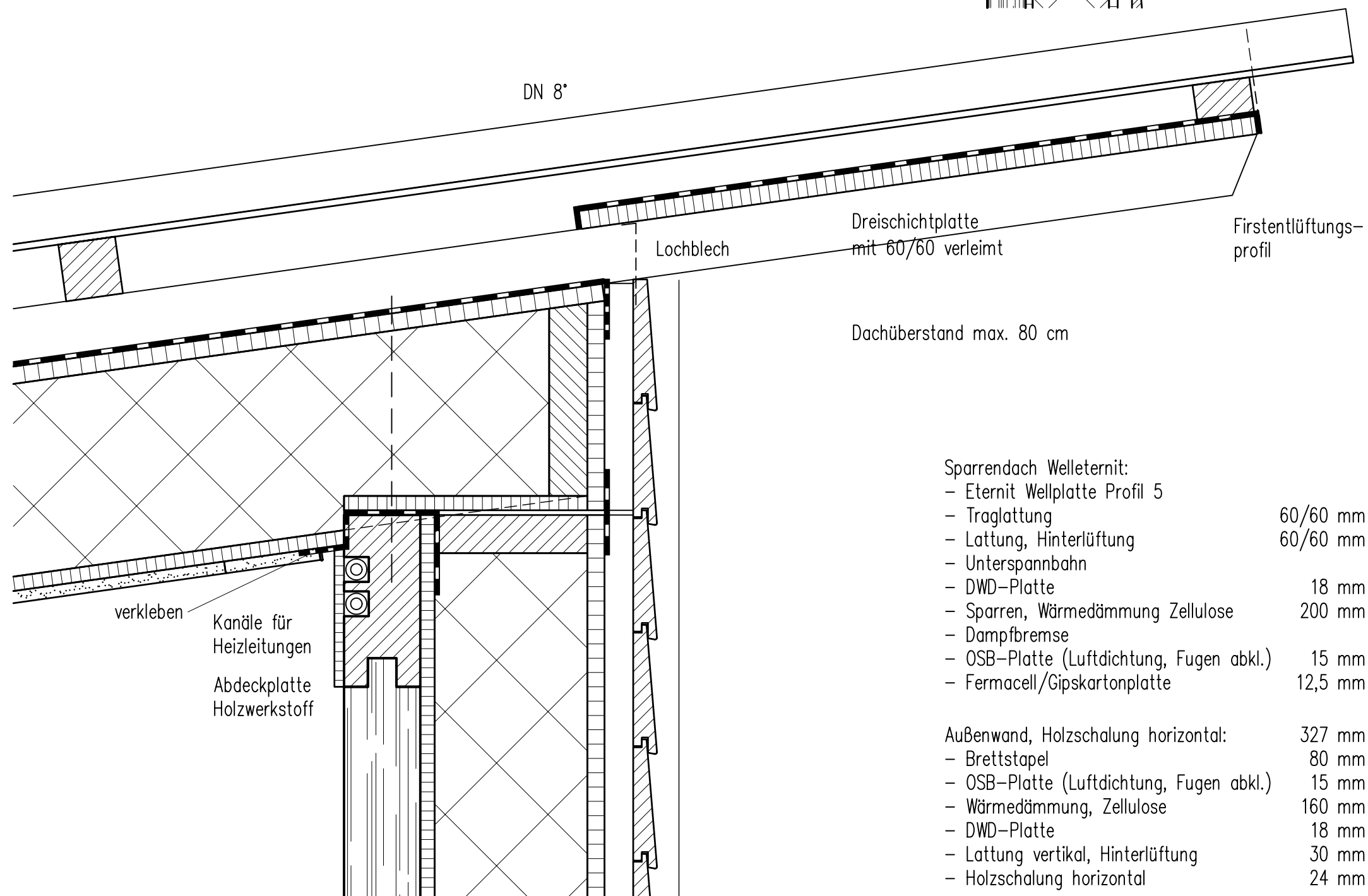
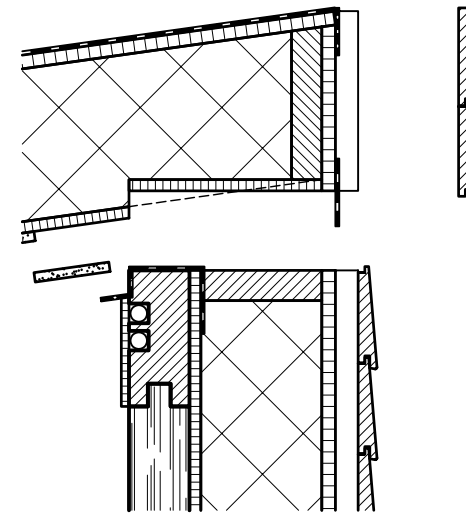
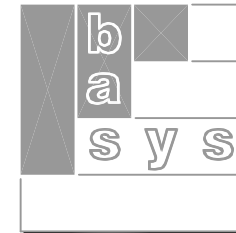
**Details - Dach**

|             |   |           |          |
|-------------|---|-----------|----------|
| Planinhalt: | <b>Schnitt Traufe Sparrendach Welleternit - Außenwand Holzschalung horizontal</b> |           |          |
| Maßstab:    | 1:5   | Plan-Nr.: | D_D51a   |
| Bearbeiter: | gb  | Datum:    | 15.01.03 |

- Sparrendach Welleternit:
- Eternit Wellplatte Profil 5
  - Traglattung 60/60 mm
  - Lattung, Hinterlüftung 60/60 mm
  - Unterspannbahn
  - DWD-Platte 18 mm
  - Sparren, Wärmedämmung Zellulose 200 mm
  - Dampfbremse
  - OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.) 15 mm
  - Fermacell/Gipskartonplatte 12,5 mm

- Außenwand, Holzschalung horizontal:
- Brettstapel 80 mm
  - OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.) 15 mm
  - Wärmedämmung, Zellulose 160 mm
  - DWD-Platte 18 mm
  - Lattung vertikal, Hinterlüftung 30 mm
  - Holzschalung horizontal 24 mm

**Joachim Eble Architektur**  
 Dipl. Ing.  
 Freier Architekt  
 Berliner Ring 47a  
 72076 Tübingen  
 Telefon: 07071/9694-0  
 Telefax: 07071/600912  
 Email: info@eble-architektur.de



DN 8°  
 Lochblech  
 Dreischichtplatte mit 60/60 verleimt  
 Firstentlüftungsprofil

Dachüberstand max. 80 cm

verkleben  
 Kanäle für Heizleitungen  
 Abdeckplatte Holzwerkstoff

- Sparrendach Welleternit:
- Eternit Wellplatte Profil 5
  - Traglattung 60/60 mm
  - Lattung, Hinterlüftung 60/60 mm
  - Unterspannbahn
  - DWD-Platte 18 mm
  - Sparren, Wärmedämmung Zellulose 200 mm
  - Dampfbremse
  - OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.) 15 mm
  - Fermacell/Gipskartonplatte 12,5 mm

- Außenwand, Holzschalung horizontal:
- Brettstapel 80 mm
  - OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.) 15 mm
  - Wärmedämmung, Zellulose 160 mm
  - DWD-Platte 18 mm
  - Lattung vertikal, Hinterlüftung 30 mm
  - Holzschalung horizontal 24 mm

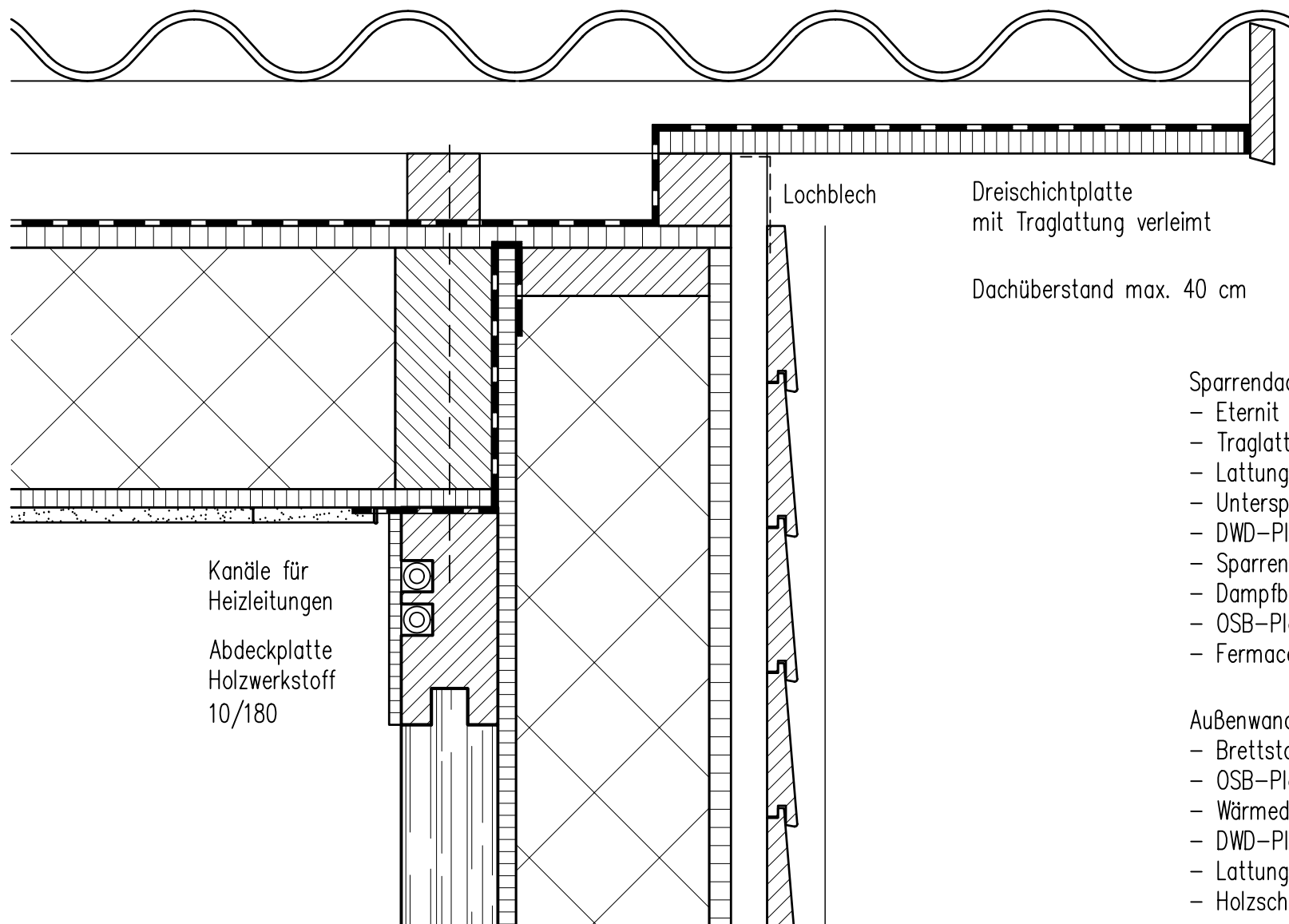
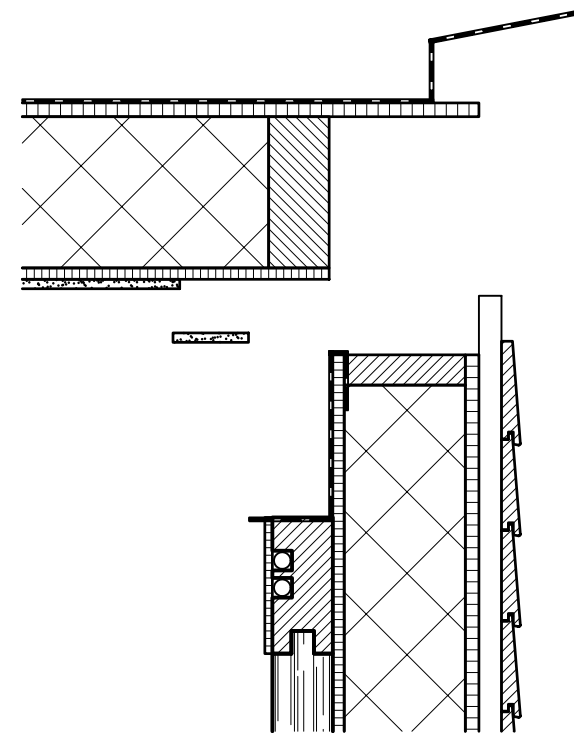
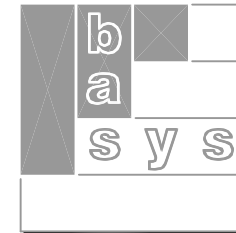
## Details - Dach

Planinhalt: **Schnitt First Sparrendach Welleternit - Außenwand Holzschalung horizontal**

Maßstab: 1:5      Plan-Nr.: D\_D52a

Bearbeiter: gb      Datum: 15.01.03

**Joachim Eble Architektur**  
 Dipl. Ing.  
 Freier Architekt  
 Berliner Ring 47a  
 72076 Tübingen  
 Telefon: 07071/9694-0  
 Telefax: 07071/600912  
 Email: info@eble-architektur.de



Lochblech  
Dreischichtplatte  
mit Traglattung verleimt

Dachüberstand max. 40 cm

Kanäle für  
Heizleitungen  
Abdeckplatte  
Holzwerkstoff  
10/180

- Sparrendach Welleternit:
- Eternit Wellplatte Profil 5
  - Traglattung 60/60 mm
  - Lattung, Hinterlüftung 60/60 mm
  - Unterspannbahn
  - DWD-Platte 18 mm
  - Sparren, Wärmedämmung Zellulose 200 mm
  - Dampfbremse
  - OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.) 15 mm
  - Fermacell/Gipskartonplatte 12,5 mm

- Außenwand, Holzschalung horizontal:
- Brettstapel 80 mm
  - OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.) 15 mm
  - Wärmedämmung, Zellulose 160 mm
  - DWD-Platte 18 mm
  - Lattung vertikal, Hinterlüftung 30 mm
  - Holzschalung horizontal 24 mm

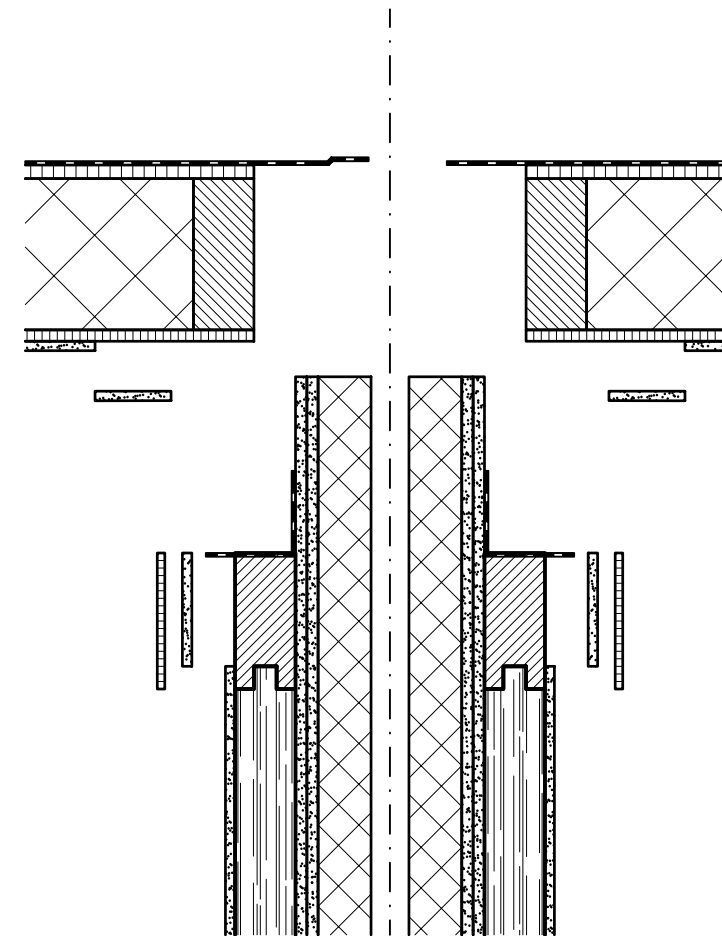
## Details - Dach

Planinhalt: **Schnitt Ortgang  
Sparrendach Welleternit  
- Außenwand Holzschalung  
horizontal**

Maßstab: 1:5 Plan-Nr.: D\_D53a

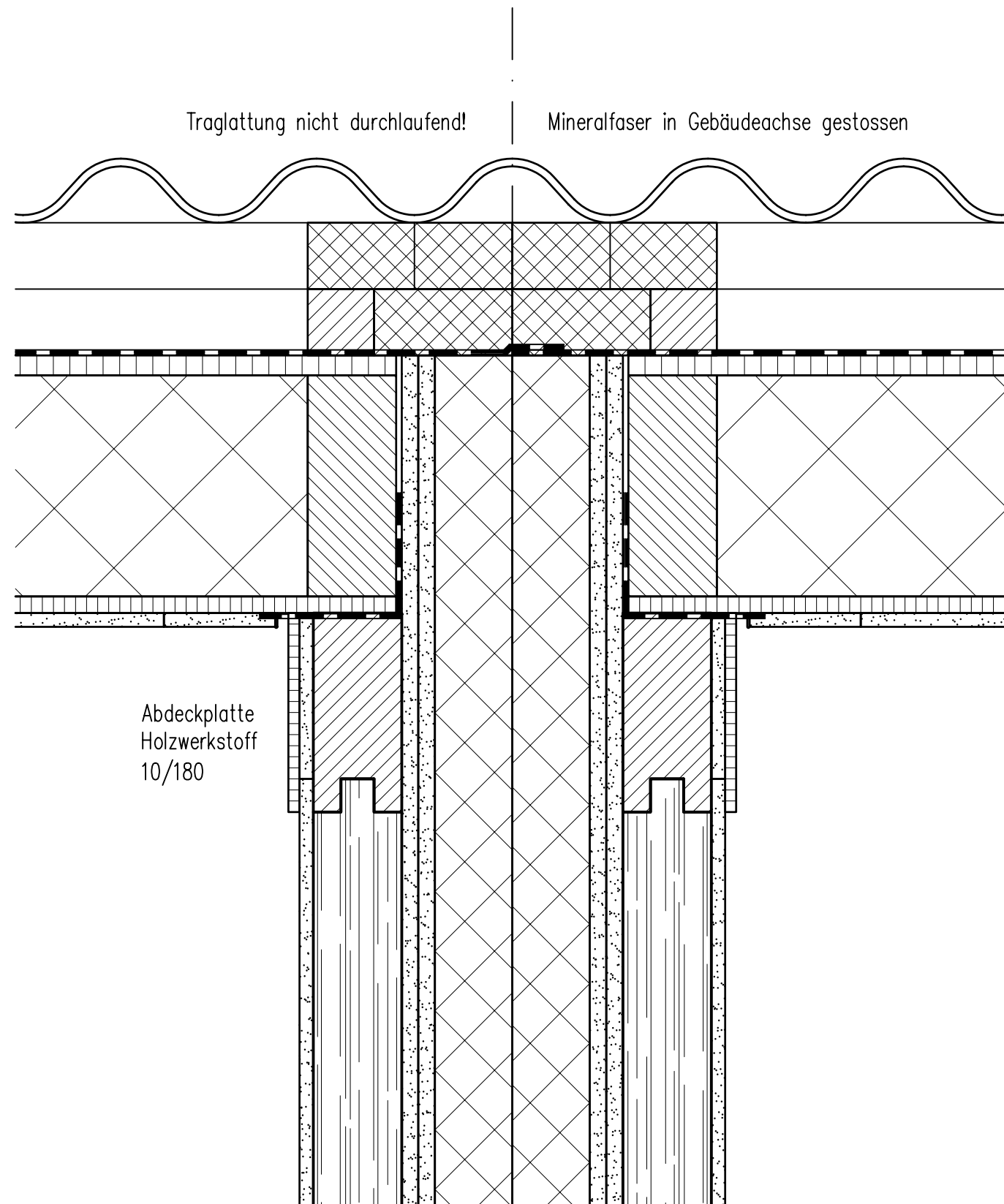
Bearbeiter: gb Datum: 15.01.03

**Joachim Eble Architektur**  
Dipl. Ing.  
Freier Architekt  
Berliner Ring 47a  
72076 Tübingen  
Telefon: 07071/9694-0  
Telefax: 07071/600912  
Email: info@eble-architektur.de



- Sparrendach Welleternit:
- Eternit Wellplatte Profil 5
  - Traglattung 60/60 mm
  - Lattung, Hinterlüftung 60/60 mm
  - Unterspannbahn
  - DWD-Platte 18 mm
  - Sparren, Wärmedämmung Zellulose 200 mm
  - Dampfbremse
  - OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.) 15 mm
  - Fermacell/Gipskartonplatte 12,5 mm

- Gebäudetrennwand BST F30/F90:
- Fermacell 12,5 mm
  - Brettstapel 80 mm
  - Fermacell (Luftdichtung) 15 mm
  - Fermacell (Luftdichtung) 15 mm
  - Mineralfaser (85 kg/m<sup>3</sup>) 70 mm
  - Mineralfaser (85 kg/m<sup>3</sup>) 70 mm
  - Fermacell 15 mm
  - Fermacell 15 mm
  - Brettstapel 80 mm
  - Fermacell 12,5 mm



## Details - Dach

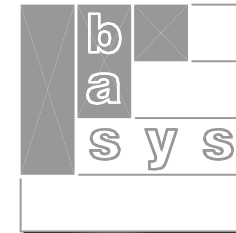
Planinhalt: **Schnitt Sparrendach Welleternit - Gebäudetrennwand BST**

Maßstab: 1:5 Plan-Nr.: D\_D54a

Bearbeiter: gb Datum: 15.01.03

**Joachim Eble Architektur**  
 Dipl. Ing.  
 Freier Architekt  
 Berliner Ring 47a  
 72076 Tübingen  
 Telefon: 07071/9694-0  
 Telefax: 07071/600912  
 Email: info@eble-architektur.de





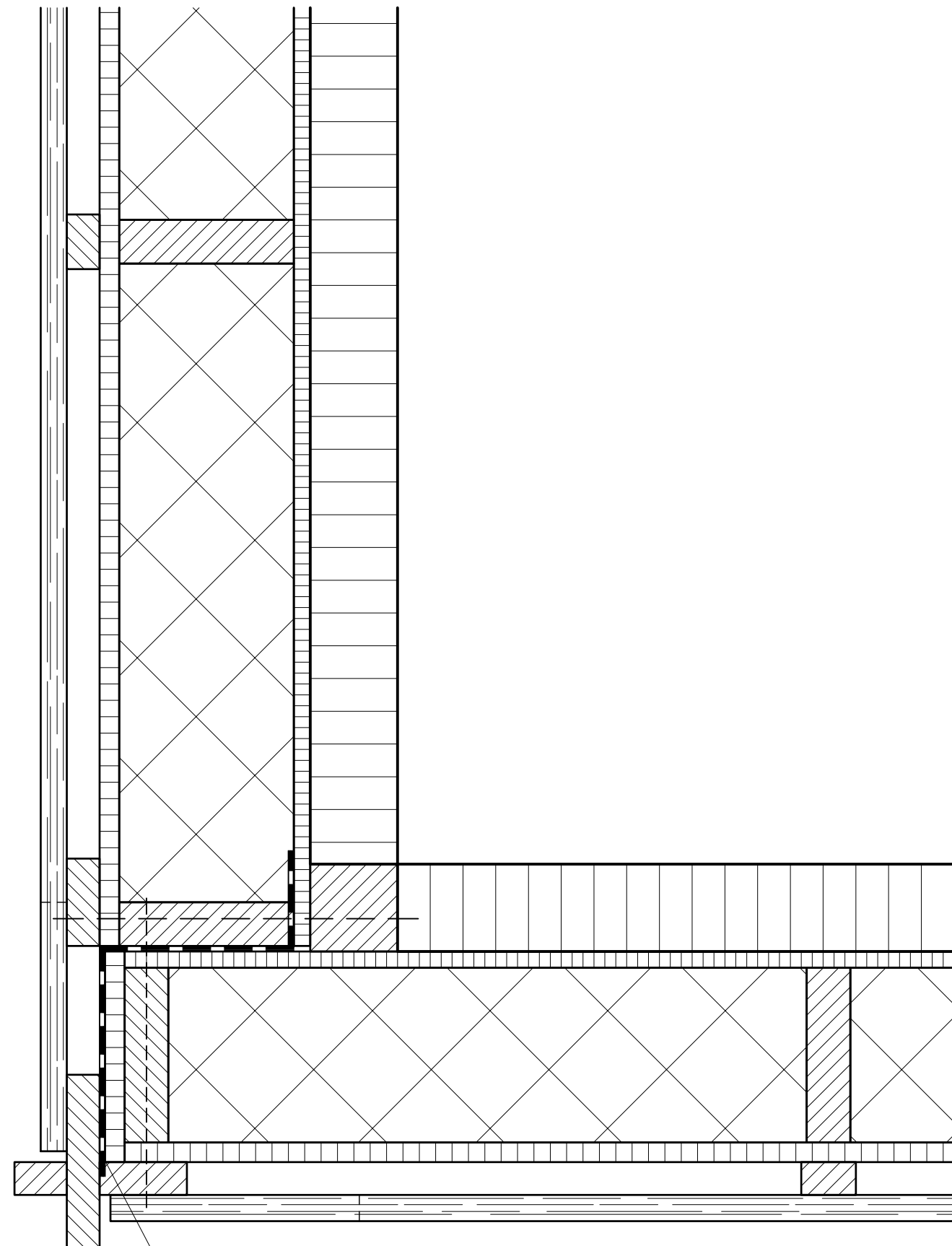
## Details - Fassade

Planinhalt: **Grundriß  
Gebäudeecke  
Außenwand Holzschalung  
horizontal**

Maßstab: 1:5      Plan-Nr.: D\_F02a

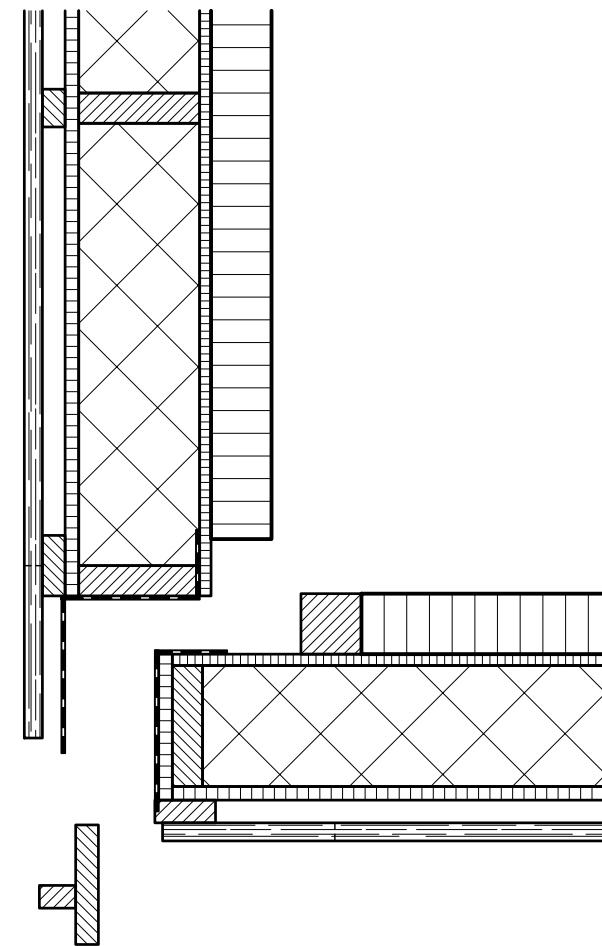
Bearbeiter: gb      Datum: 15.01.03

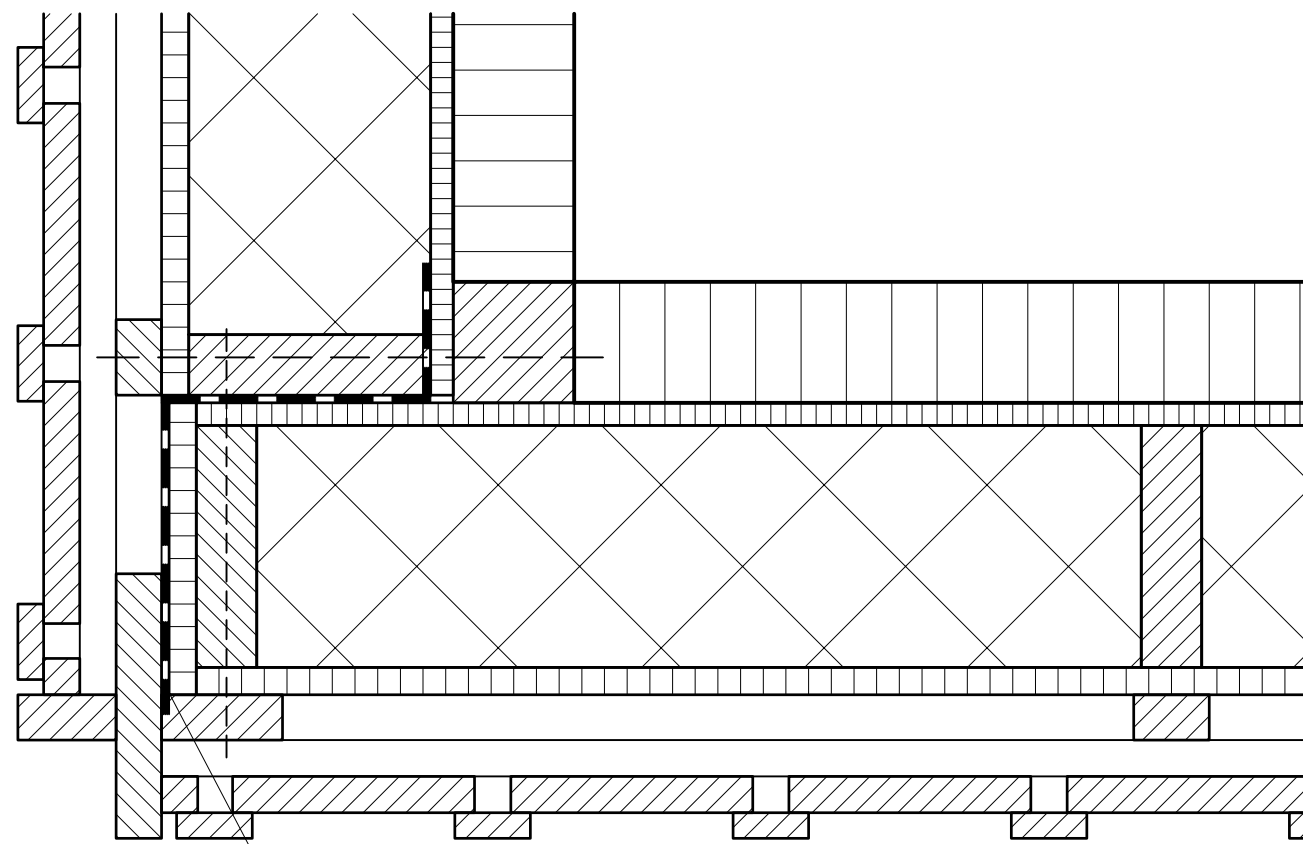
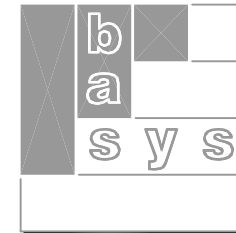
**Joachim Eble Architektur**  
Dipl. Ing.  
Freier Architekt  
Berliner Ring 47a  
72076 Tübingen  
Telefon: 07071/9694-0  
Telefax: 07071/600912  
Email: [info@eble-architektur.de](mailto:info@eble-architektur.de)



2 Folienstreifen  
verklebt

Außenwand, Holzschalung horizontal: 327 mm  
- Brettstapel 80 mm  
- OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.) 15 mm  
- Wärmedämmung, Zellulose 160 mm  
- DWD-Platte 18 mm  
- Lattung vertikal, Hinterlüftung 30 mm  
- Holzschalung horizontal 24 mm

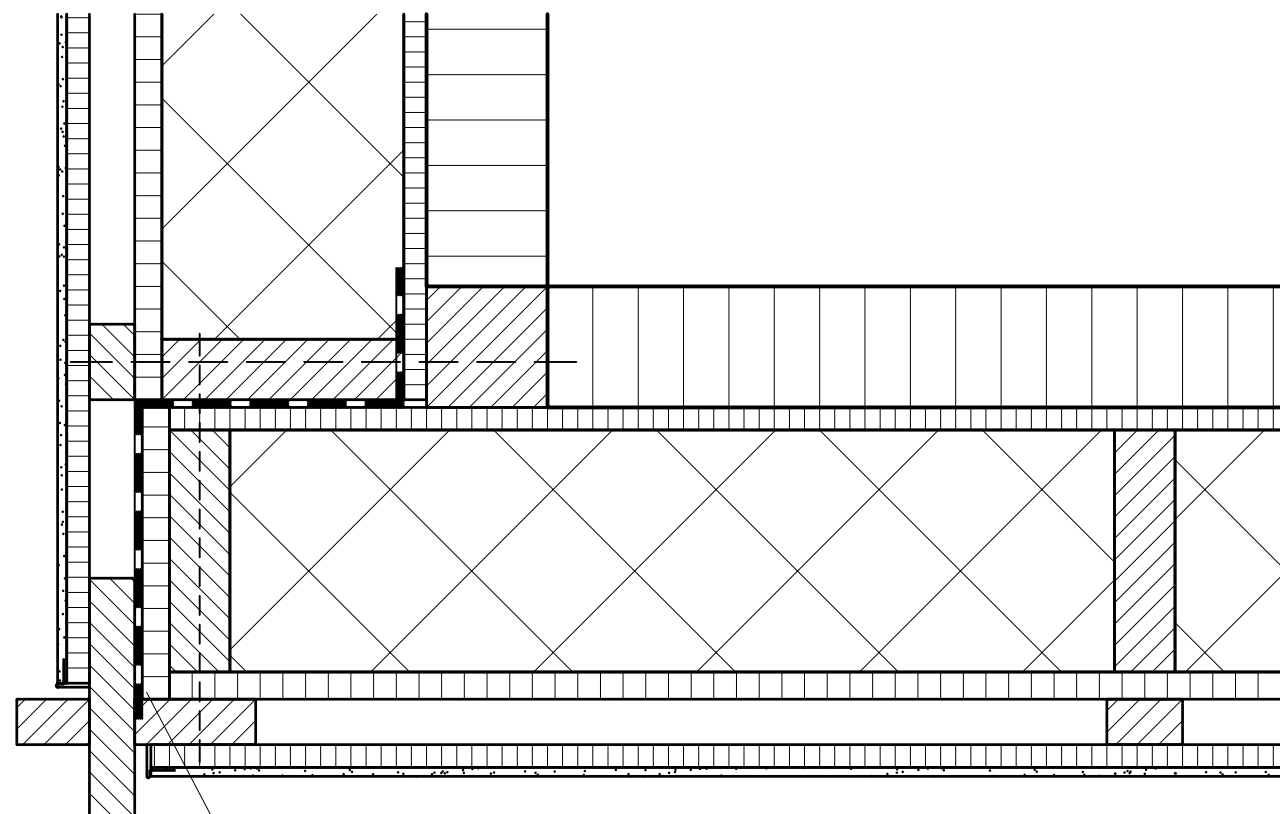




2 Folienstreifen  
verklebt

- Außenwand, Schalung vertikal: 351 mm
- Brettstapel 80 mm
  - OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.) 15 mm
  - Wärmedämmung, Zellulose 160 mm
  - DWD-Platte 18 mm
  - Lattung vertikal, Hinterlüftung 30 mm
  - Lattung horizontal 24 mm
  - Holzschalung vertikal 24 mm

D\_F02b



2 Folienstreifen  
verklebt

Abschlußprofil  
Schattenfuge 1cm

- Außenwand, Putzträgerplatte: 324 mm
- Brettstapel 80 mm
  - OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.) 15 mm
  - Wärmedämmung, Zellulose 160 mm
  - DWD-Platte 18 mm
  - Lattung vertikal, Hinterlüftung 30 mm
  - Putzträgerplatte (Perlcon-Board) 12,5 mm
  - Grundspachtelung mit Gewebe und Deckspachtelung 6 mm

D\_F02c

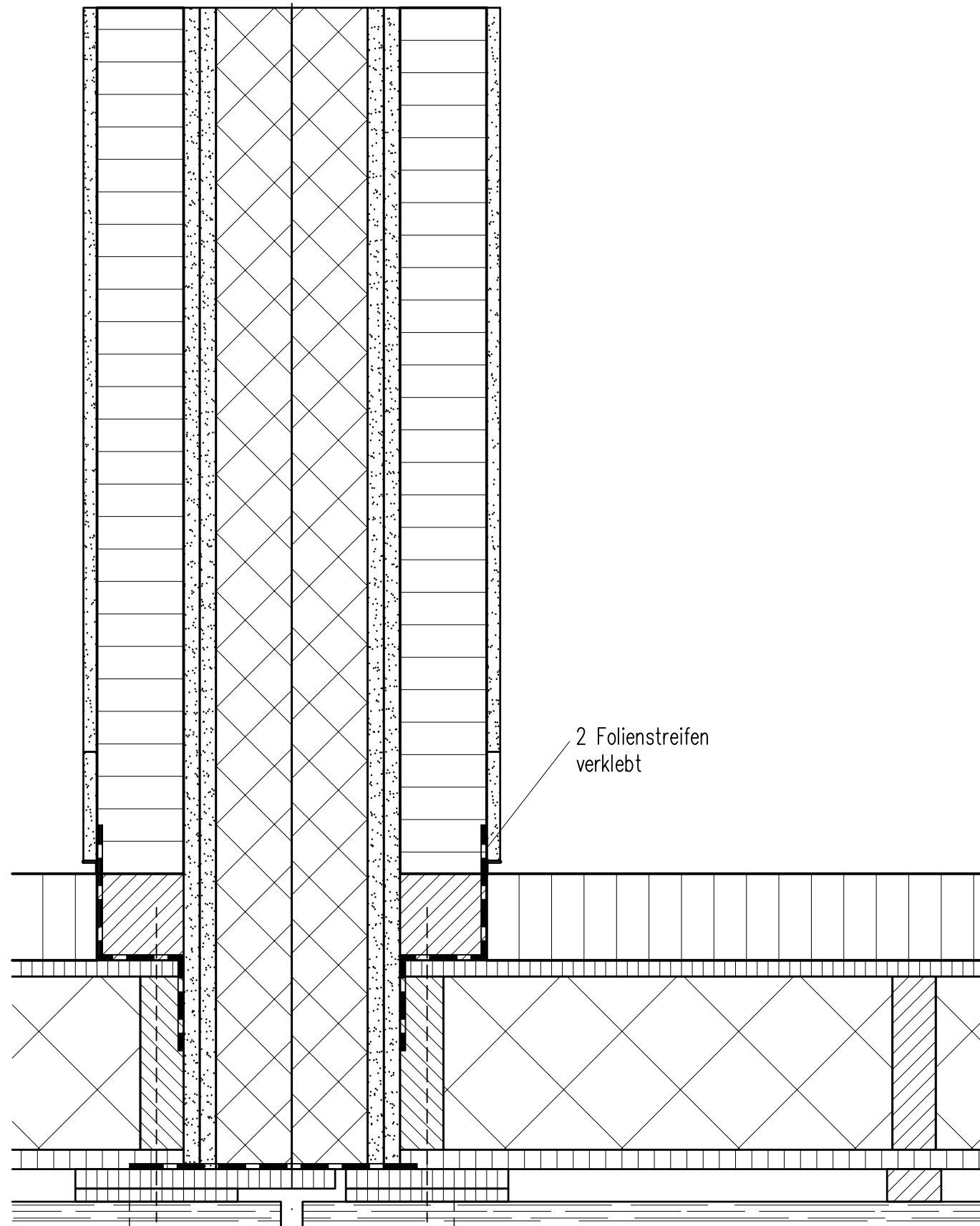
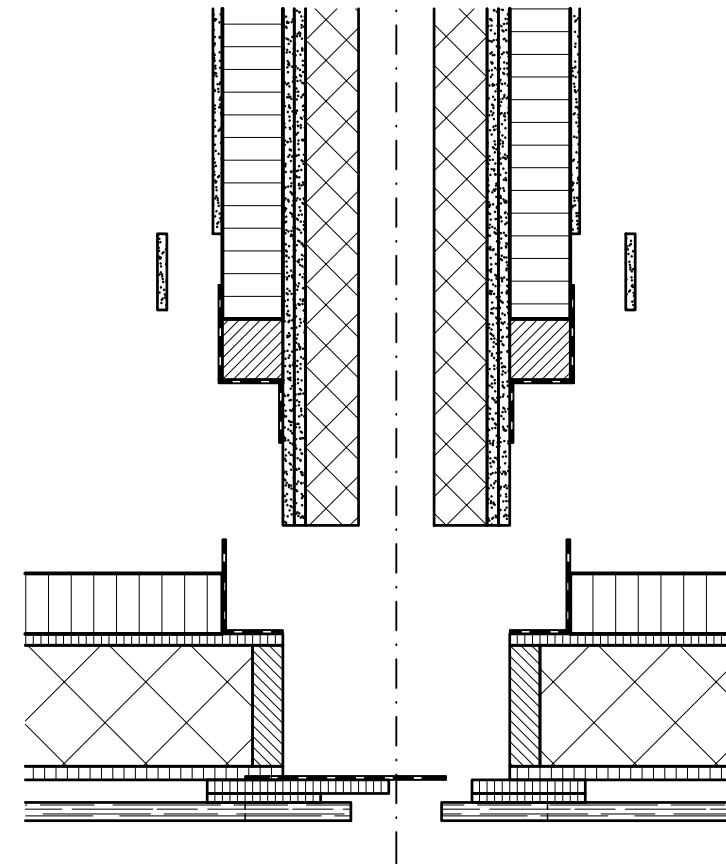
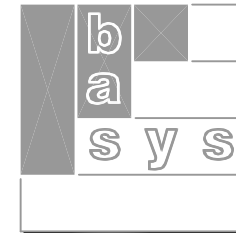
## Details - Fassade

Planinhalt: **Grundriß  
Gebäudeecke  
Außenwand Holzschalung  
vertikal/Putzträgerplatte**

Maßstab: 1:5      Plan-Nr.: D\_F02b/c

Bearbeiter: gb      Datum: 15.01.03

**Joachim Eble Architektur**  
Dipl. Ing.  
Freier Architekt  
Berliner Ring 47a  
72076 Tübingen  
Telefon: 07071/9694-0  
Telefax: 07071/600912  
Email: info@eble-architektur.de



2 Folienstreifen  
verklebt

|  |         |
|--|---------|
| Gebäudetrennwand BST F30/F90:          | 360 mm  |
| - Fermacell                            | 12,5 mm |
| - Brettstapel                          | 80 mm   |
| - Fermacell                            | 15 mm   |
| - Fermacell                            | 15 mm   |
| - Mineralfaser (85 kg/m <sup>3</sup> ) | 70 mm   |
| - Mineralfaser (85 kg/m <sup>3</sup> ) | 70 mm   |
| - Fermacell                            | 15 mm   |
| - Fermacell                            | 15 mm   |
| - Brettstapel                          | 80 mm   |
| - Fermacell                            | 12,5 mm |

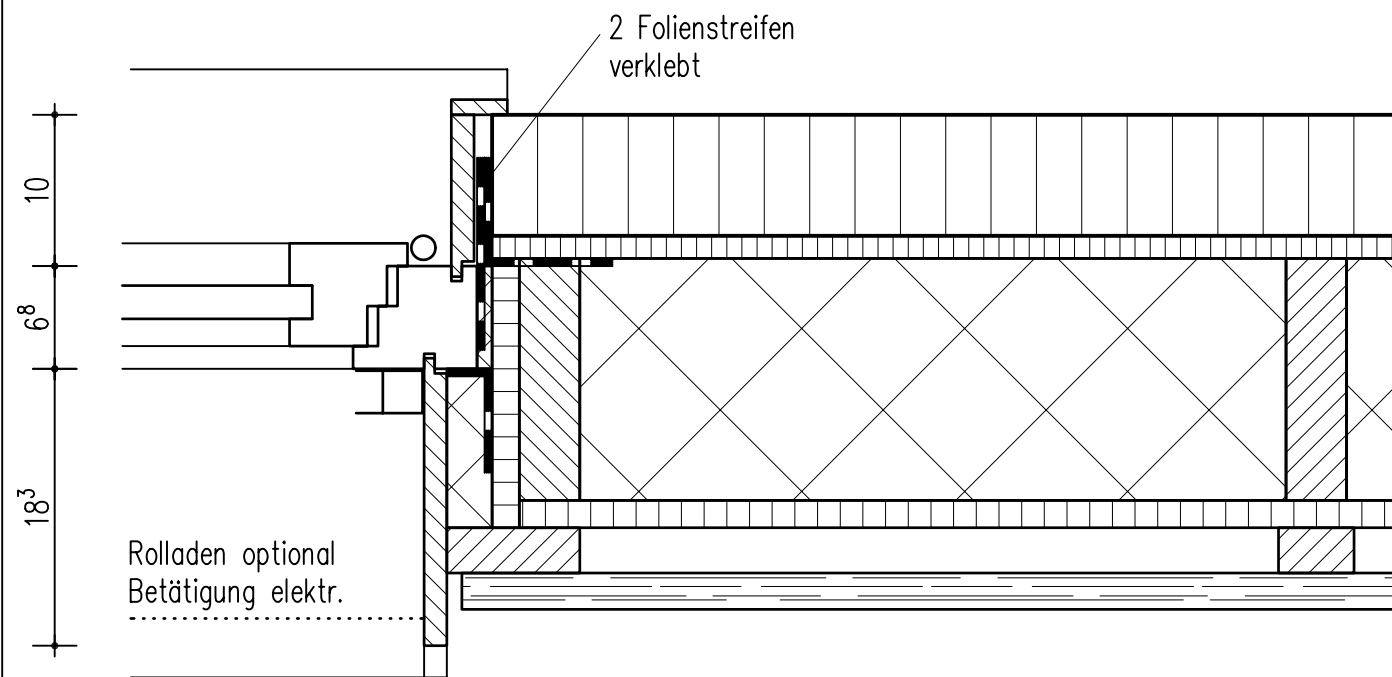
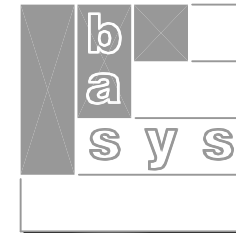
|  |        |
|--|--------|
| Außenwand, Holzschalung horizontal:      | 327 mm |
| - Brettstapel                            | 80 mm  |
| - OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.) | 15 mm  |
| - Wärmedämmung, Zellulose                | 160 mm |
| - DWD-Platte                             | 18 mm  |
| - Lattung vertikal, Hinterlüftung        | 30 mm  |
| - Holzschalung horizontal                | 24 mm  |

## Details - Fassade

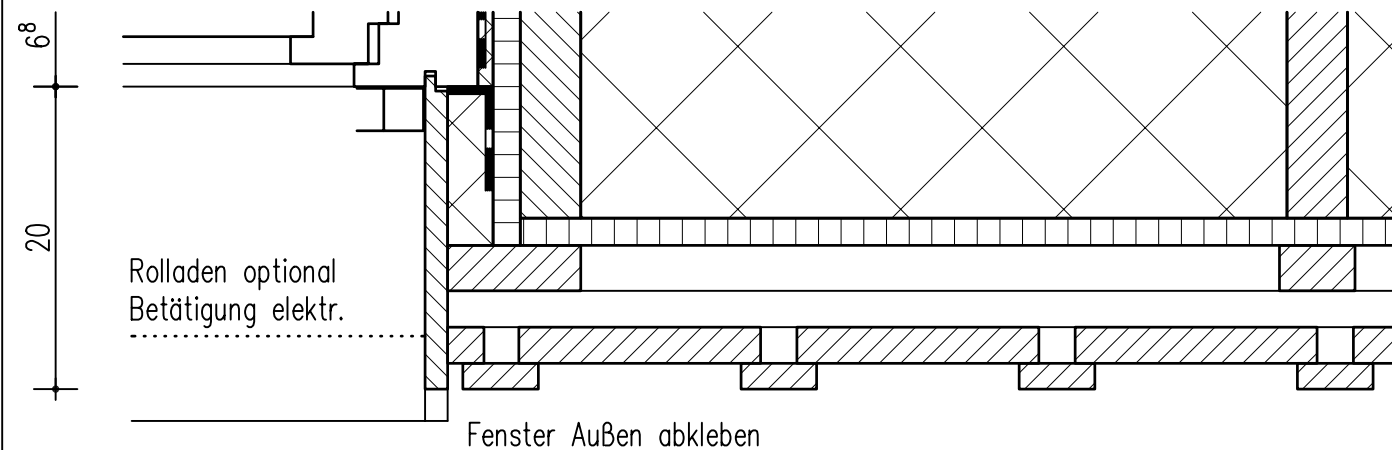
Planinhalt: **Grundriß  
Außenwand Holzschalung  
horizontal -  
Gebäudetrennwand BST**

|             |     |           |          |
|-------------|-----|-----------|----------|
| Maßstab:    | 1:5 | Plan-Nr.: | D_F04a   |
| Bearbeiter: | gb  | Datum:    | 15.01.03 |

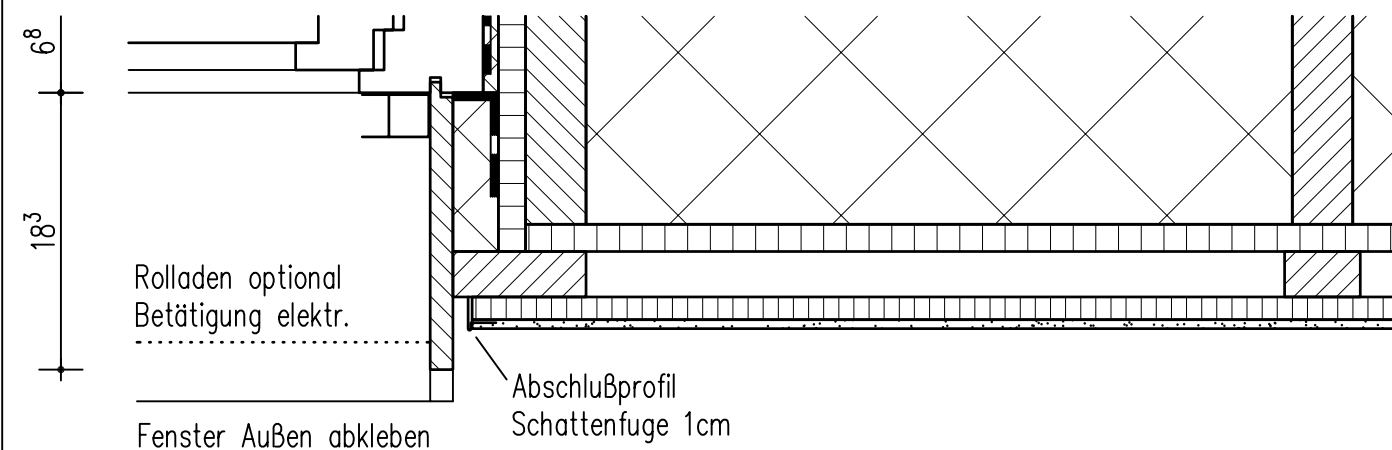
**Joachim Eble Architektur**  
Dipl. Ing.  
Freier Architekt  
Berliner Ring 47a  
72076 Tübingen  
Telefon: 07071/9694-0  
Telefax: 07071/600912  
Email: info@eble-architektur.de



- Außenwand, Schalung horizontal: 327 mm
- Brettstapel 80 mm
  - OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.) 15 mm
  - Wärmedämmung, Zellulose 160 mm
  - DWD-Platte 18 mm
  - Lattung vertikal, Hinterlüftung 30 mm
  - Holzschalung horizontal 24 mm



- Außenwand, Schalung vertikal: 351 mm
- Brettstapel 80 mm
  - OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.) 15 mm
  - Wärmedämmung, Zellulose 160 mm
  - DWD-Platte 18 mm
  - Lattung vertikal, Hinterlüftung 30 mm
  - Lattung horizontal 24 mm
  - Holzschalung vertikal 24 mm



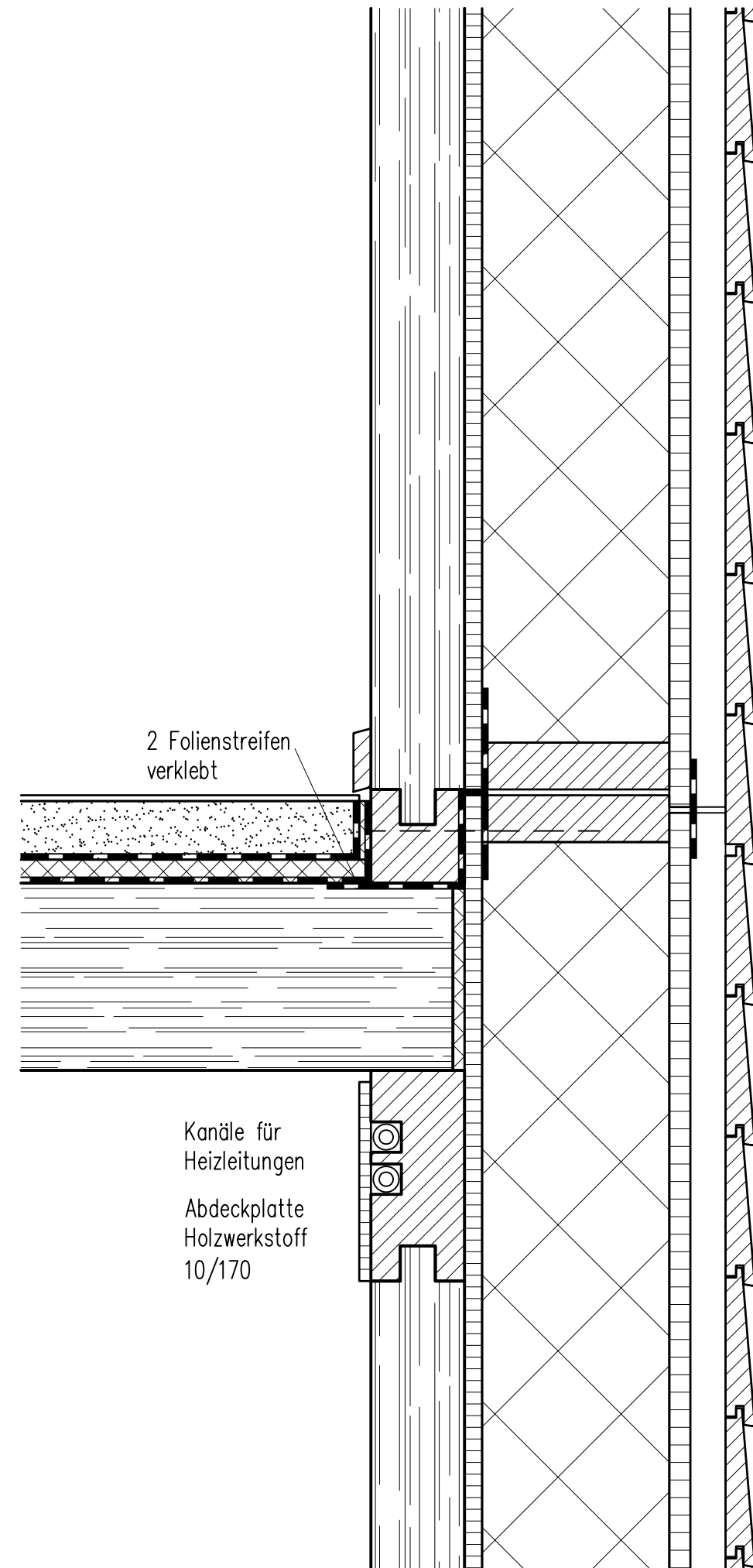
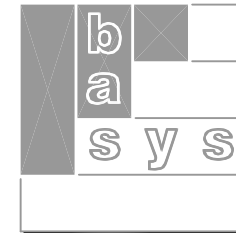
- Außenwand, Putzträgerplatte: 324 mm
- Brettstapel 80 mm
  - OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.) 15 mm
  - Wärmedämmung, Zellulose 160 mm
  - DWD-Platte 18 mm
  - Lattung vertikal, Hinterlüftung 30 mm
  - Putzträgerplatte (Perlcon-Board) 12,5 mm
  - Grundspachtelung mit Gewebe und Deckspachtelung 6 mm

## Details - Fassade

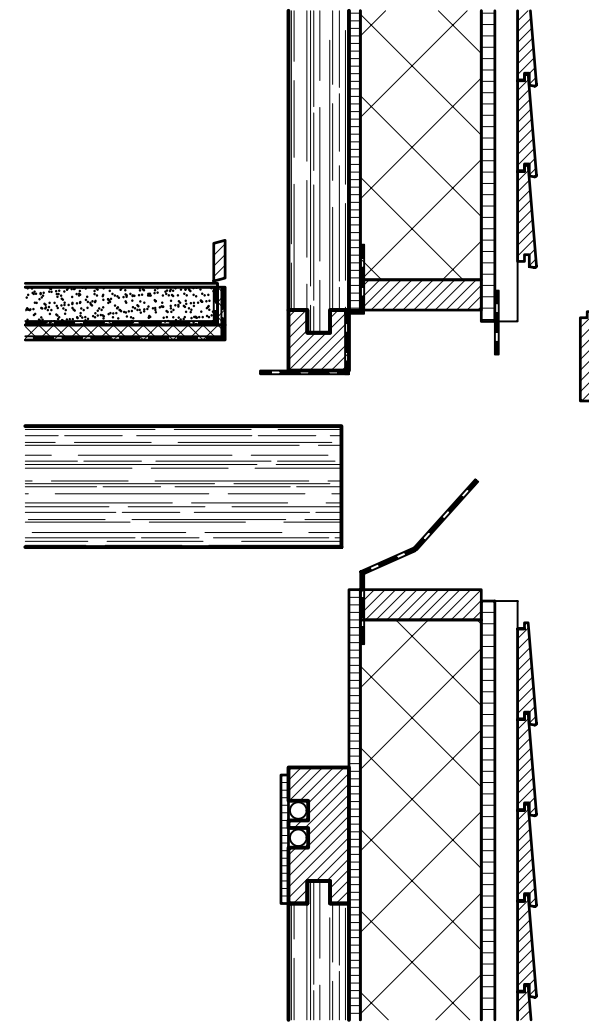
Planinhalt: **Grundrisse  
Fenster - Außenwand**

|             |     |           |          |
|-------------|-----|-----------|----------|
| Maßstab:    | 1:5 | Plan-Nr.: | D_F05    |
| Bearbeiter: | gb  | Datum:    | 15.01.03 |

**Joachim Eble Architektur**  
 Dipl. Ing.  
 Freier Architekt  
 Berliner Ring 47a  
 72076 Tübingen  
 Telefon: 07071/9694-0  
 Telefax: 07071/600912  
 Email: info@eble-architektur.de



Wandelement — — — Wandelement



- Decke:
- Fußbodenbelag ~5 mm
  - Zementestrich 50 mm
  - Trennlage
  - Trittschalldämmung 25/20 20 mm
  - Trennlage, Luftdichtung
  - Brettstapeldecke n. Ang. Statik

- Außenwand, Holzschalung horizontal:
- Brettstapel 80 mm
  - OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.) 15 mm
  - Wärmedämmung, Zellulose 160 mm
  - DWD-Platte 18 mm
  - Lattung vertikal, Hinterlüftung 30 mm
  - Holzschalung horizontal 24 mm

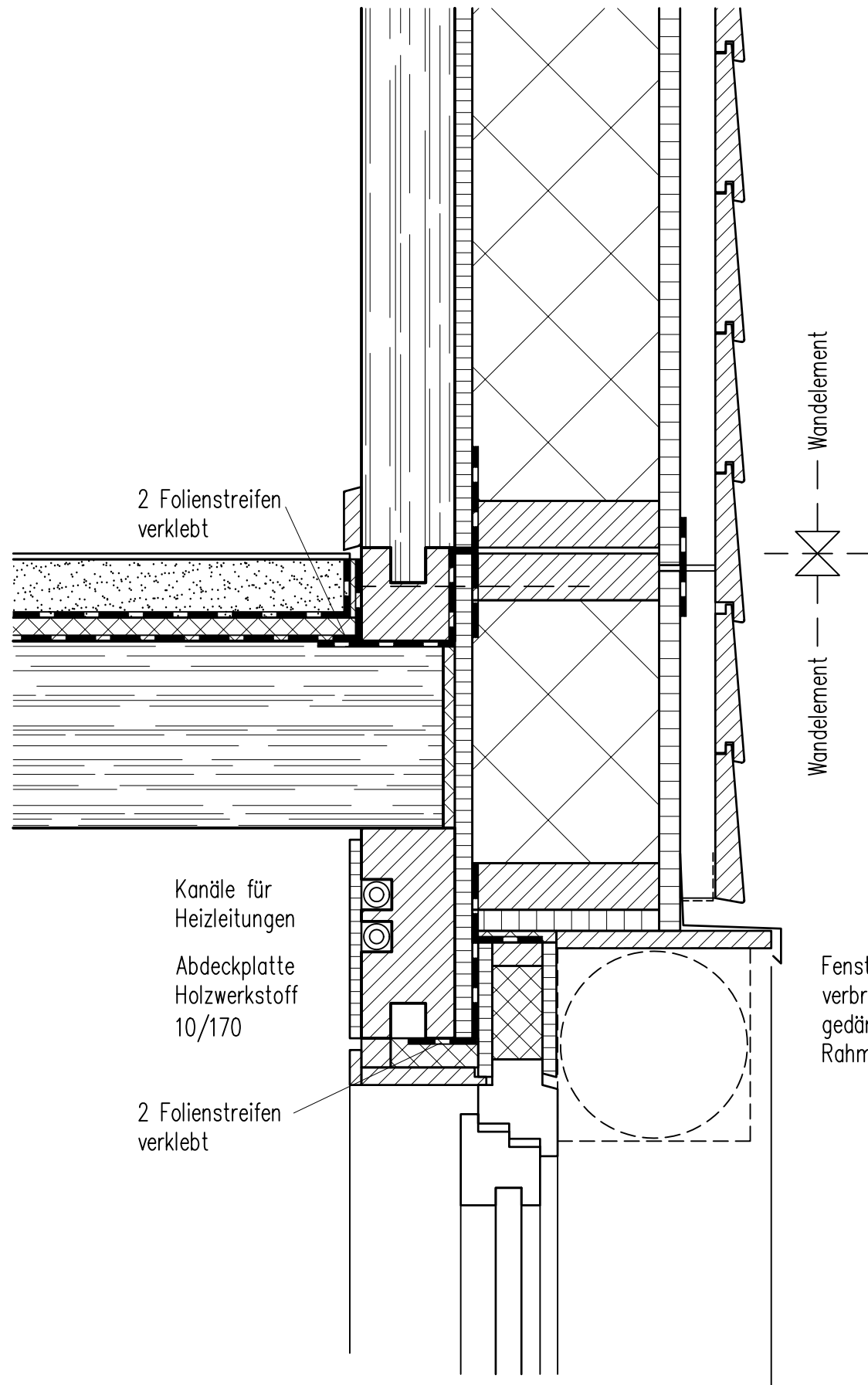
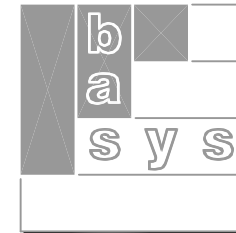
### Details - Fassade

Planinhalt: **Schnitt  
Decke Brettstapel  
- Außenwand Holzschalung  
horizontal**

Maßstab: 1:5      Plan-Nr.: D\_F51a

Bearbeiter: gb      Datum: 15.01.03

**Joachim Eble Architektur**  
Dipl. Ing.  
Freier Architekt  
Berliner Ring 47a  
72076 Tübingen  
Telefon: 07071/9694-0  
Telefax: 07071/600912  
Email: info@eble-architektur.de



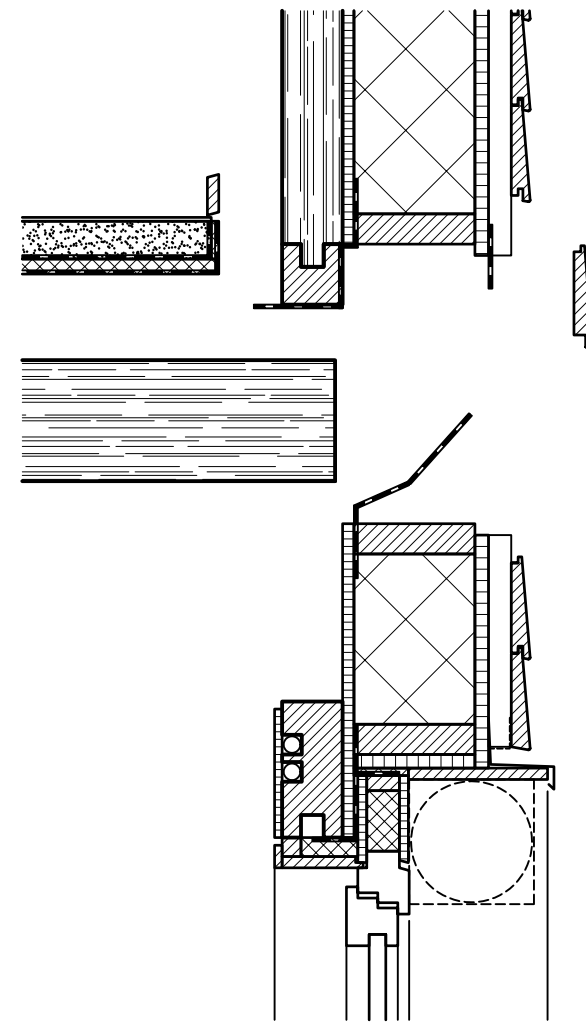
2 Folienstreifen  
verklebt

Kanäle für  
Heizleitungen  
Abdeckplatte  
Holzwerkstoff  
10/170

2 Folienstreifen  
verklebt

Wandelement

Fenster mit  
verbreitertem  
gedämmtem  
Rahmenholz



Decke:  
 - Fußbodenbelag ~5 mm  
 - Zementestrich 50 mm  
 - Trennlage  
 - Trittschalldämmung 25/20 20 mm  
 - Trennlage, Luftdichtung  
 - Brettstapeldecke n. Ang. Statik

Außenwand, Holzschalung horizontal: 327 mm  
 - Brettstapel 80 mm  
 - OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.) 15 mm  
 - Wärmedämmung, Zellulose 160 mm  
 - DWD-Platte 18 mm  
 - Lattung vertikal, Hinterlüftung 30 mm  
 - Holzschalung horizontal 24 mm

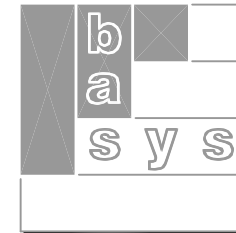
## Details - Fassade

Planinhalt: **Schnitt  
Decke Brettstapel  
- Außenwand Holzschalung  
horizontal - Fenster**

Maßstab: 1:5 Plan-Nr.: D\_F52a

Bearbeiter: gb Datum: 15.01.03

**Joachim Eble Architektur**  
 Dipl. Ing.  
 Freier Architekt  
 Berliner Ring 47a  
 72076 Tübingen  
 Telefon: 07071/9694-0  
 Telefax: 07071/600912  
 Email: info@eble-architektur.de

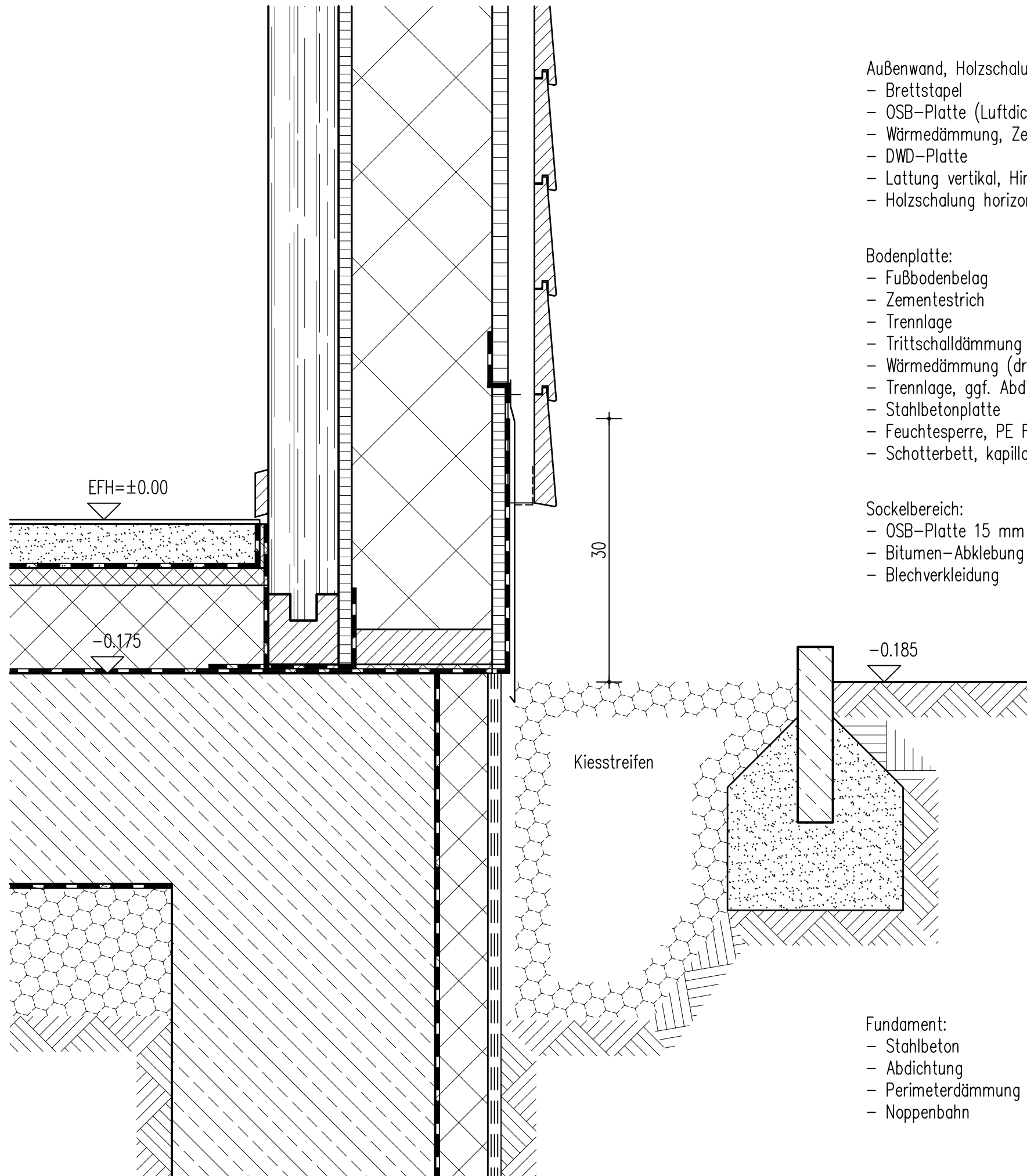


- Außenwand, Holzschalung horizontal:
- Brettstapel 80 mm
  - OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.) 15 mm
  - Wärmedämmung, Zellulose 160 mm
  - DWD-Platte 18 mm
  - Lattung vertikal, Hinterlüftung 30 mm
  - Holzschalung horizontal 24 mm

- Bodenplatte:
- Fußbodenbelag ~5 mm
  - Zementestrich 50 mm
  - Trennlage
  - Trittschalldämmung 25/20 20 mm
  - Wärmedämmung (druckfest) 100 mm
  - Trennlage, ggf. Abdichtung
  - Stahlbetonplatte n. Ang. Statik
  - Feuchtesperre, PE Folie
  - Schotterbett, kapillarbrechend

- Sockelbereich:
- OSB-Platte 15 mm
  - Bitumen-Abklebung
  - Blechverkleidung

- Fundament:
- Stahlbeton n. Ang. Statik
  - Abdichtung
  - Perimeterdämmung 60 mm
  - Noppenbahn



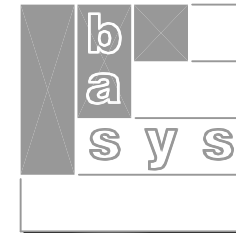
**Details - Fassade zum Erdreich**

Planinhalt: **Schnitt  
Bodenplatte - Gelände  
- Außenwand Holzschalung  
horizontal**

Maßstab: 1:5      Plan-Nr.: D\_E51a

Bearbeiter: gb      Datum: 15.01.03

**Joachim Eble Architektur**  
Dipl. Ing.  
Freier Architekt  
Berliner Ring 47a  
72076 Tübingen  
Telefon: 07071/9694-0  
Telefax: 07071/600912  
Email: info@eble-architektur.de

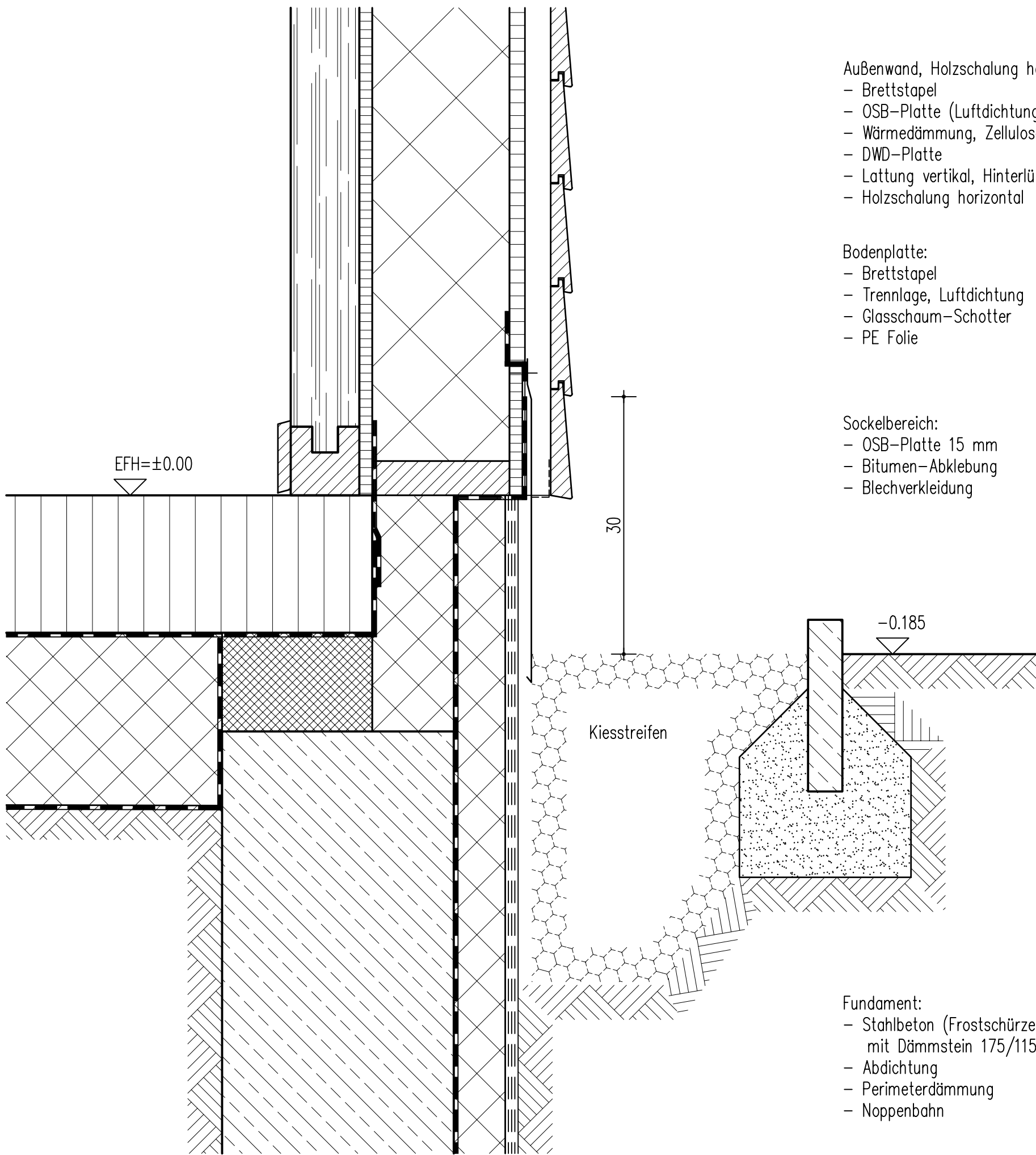


- Außenwand, Holzschalung horizontal:
- Brettstapel 80 mm
  - OSB-Platte (Luftdichtung, Fugen abkl.) 15 mm
  - Wärmedämmung, Zellulose 160 mm
  - DWD-Platte 18 mm
  - Lattung vertikal, Hinterlüftung 30 mm
  - Holzschalung horizontal 24 mm

- Bodenplatte:
- Brettstapel 160 mm
  - Trennlage, Luftdichtung
  - Glasschaum-Schotter 200 mm
  - PE Folie

- Sockelbereich:
- OSB-Platte 15 mm
  - Bitumen-Abklebung
  - Blechverkleidung

- Fundament:
- Stahlbeton (Frostschürze) n. Ang. Statik
  - mit Dämmstein 175/115
  - Abdichtung
  - Perimeterdämmung 60 mm
  - Noppenbahn



**Details - Fassade zum Erdreich**

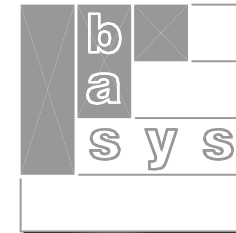
Planinhalt: **Schnitt  
Bodenplatte BST - Gelände  
- Außenwand Holzschalung  
horizontal**

Maßstab: 1:5      Plan-Nr.: D\_E51d

Bearbeiter: gb      Datum: 15.01.03

**Joachim Eble Architektur**  
Dipl. Ing.  
Freier Architekt  
Berliner Ring 47a  
72076 Tübingen  
Telefon: 07071/9694-0  
Telefax: 07071/600912  
Email: info@eble-architektur.de





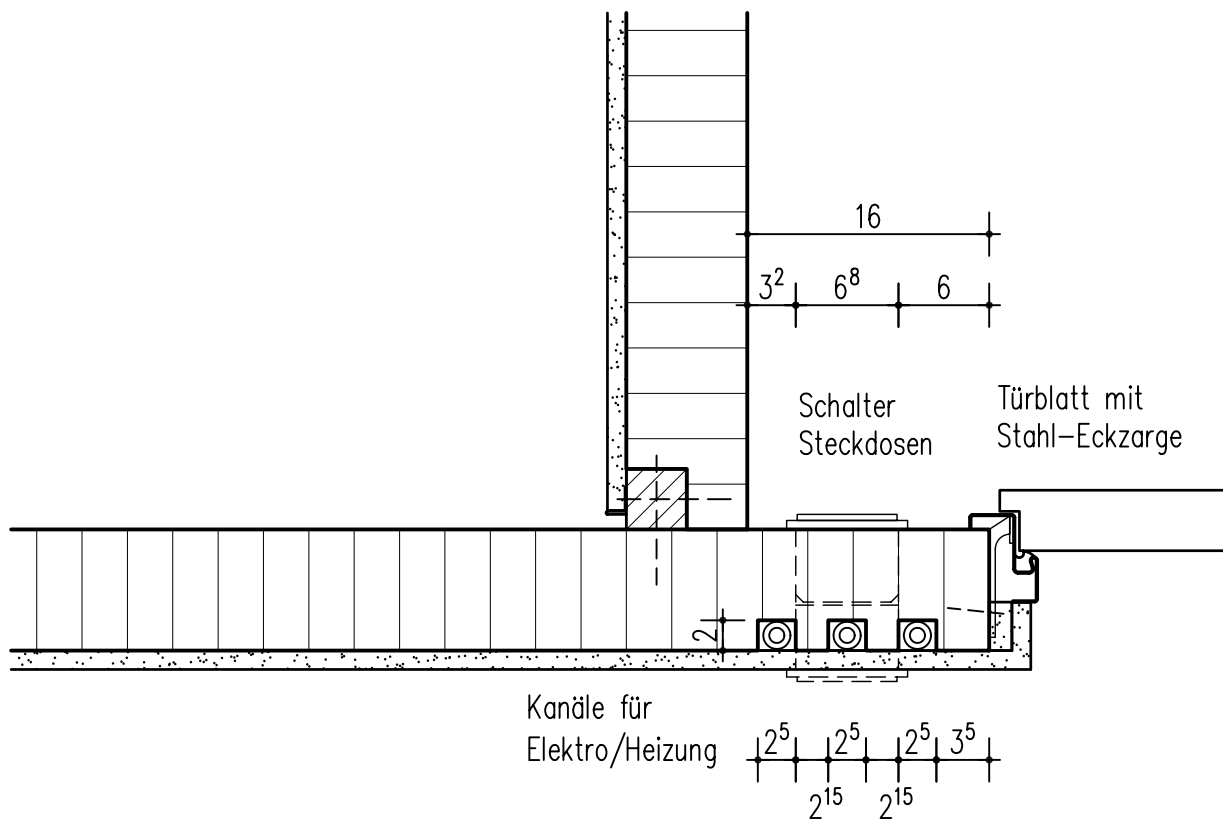
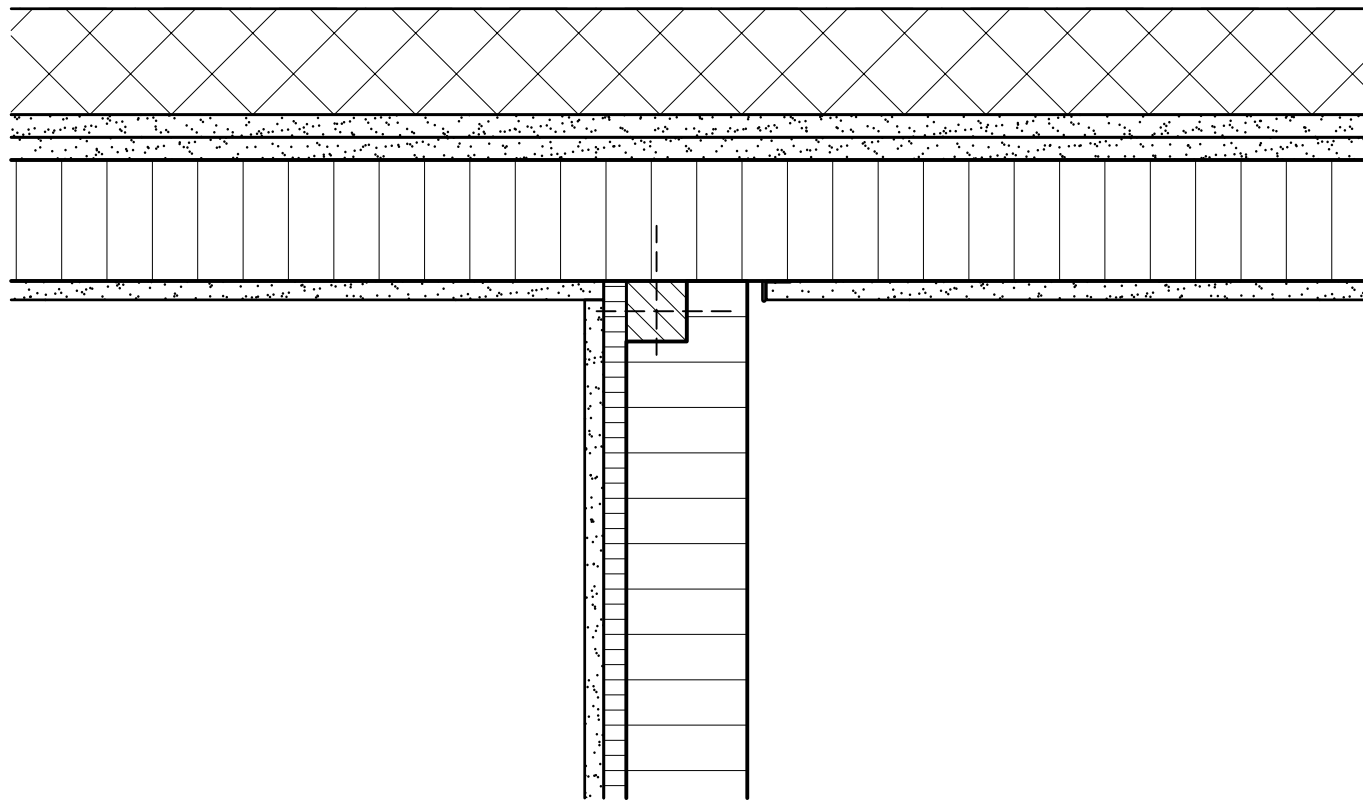
Gebäudetrennwand Brettstapel

Innenwand BST, aussteifend: 107,5 mm  
 - Brettstapel 80 mm  
 - OSB-Platte 15 mm  
 - Fermacell/Gipskartonplatte 12,5 mm

D\_I01b

Innenwand BST, nicht aussteifend: 92,5 mm  
 - Brettstapel 80 mm  
 - Fermacell/Gipskartonplatte 12,5 mm

D\_I01a



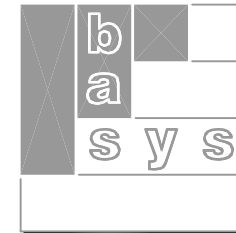
Details - Innenbereich

Planinhalt: **Grundriss**  
**Innenw. BST - Gebäudetrw.**  
**Innenwand BST - Tür -**  
**Medienkanal**

Maßstab: 1:5 Plan-Nr.: D\_I01a/b

Bearbeiter: gb Datum: 15.01.03

**Joachim Eble Architektur**  
 Dipl. Ing.  
 Freier Architekt  
 Berliner Ring 47a  
 72076 Tübingen  
 Telefon: 07071/9694-0  
 Telefax: 07071/600912  
 Email: info@eble-architektur.de



Decke Brettstapel

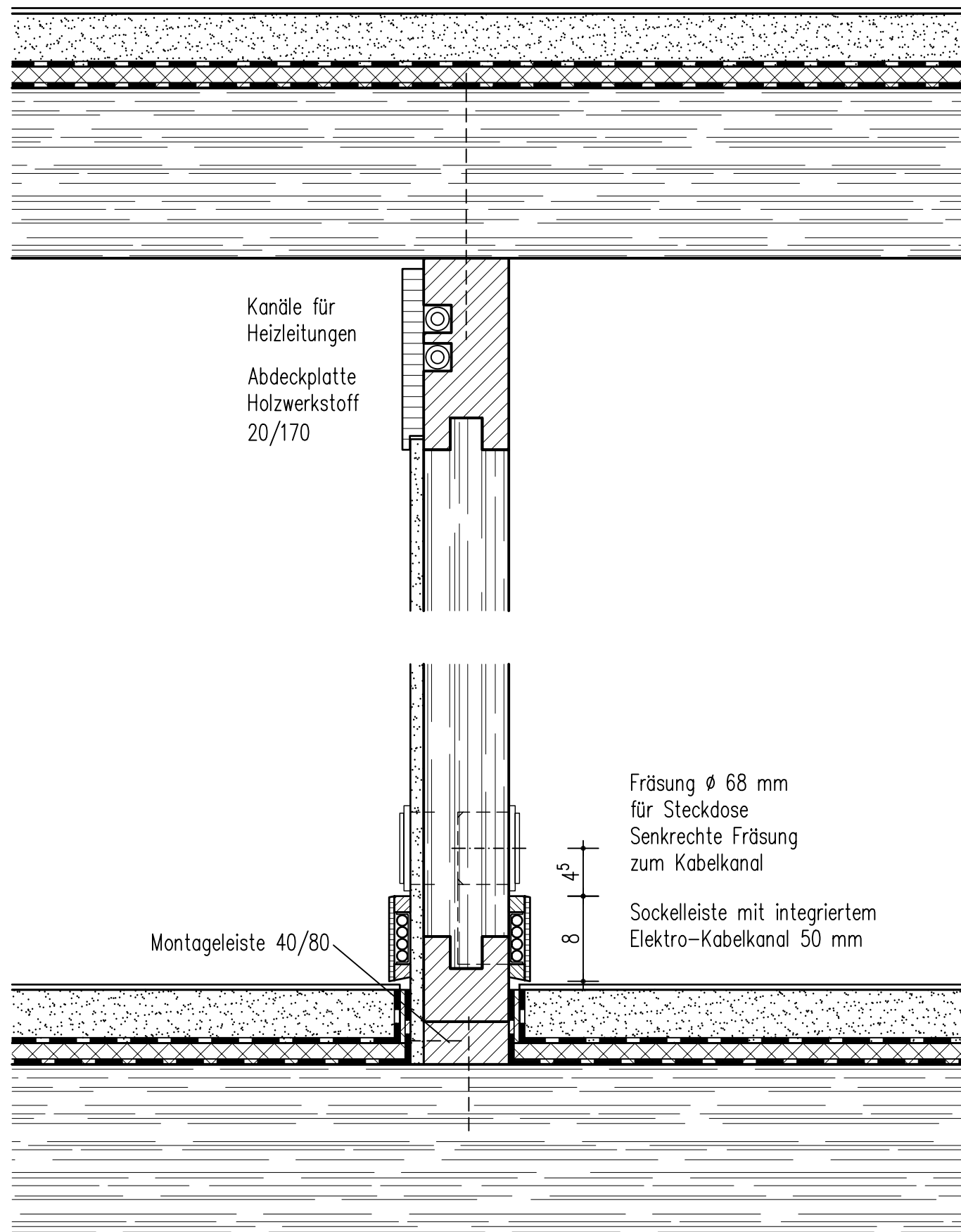
Innenwand BST, nicht aussteifend:  
 – Brettstapel 80 mm  
 – Fermacell/Gipskartonplatte 12,5 mm

D\_I51b

Innenwand BST, nicht aussteifend:  
 – Brettstapel 80 mm  
 – Fermacell/Gipskartonplatte 12,5 mm

Decke Brettstapel

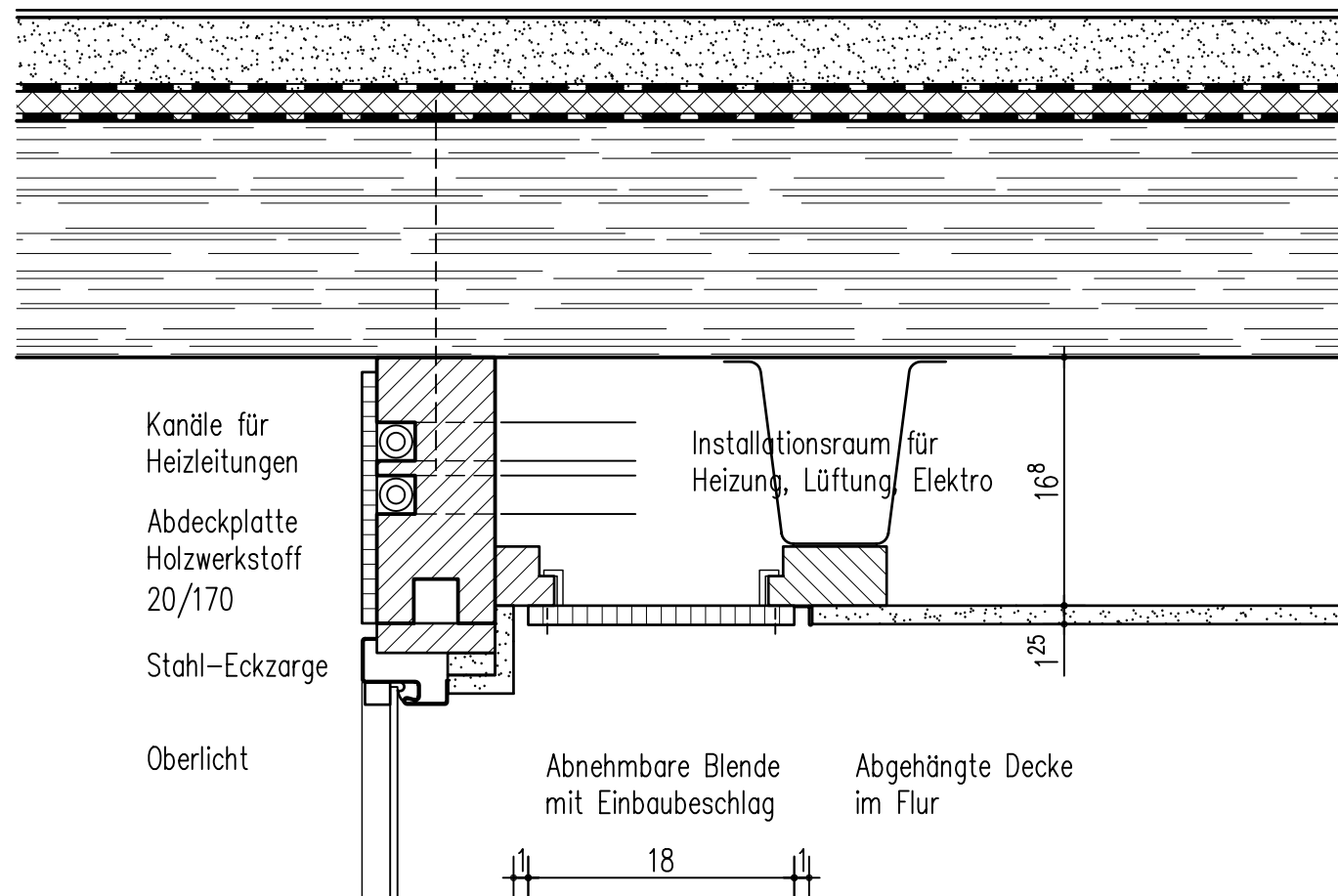
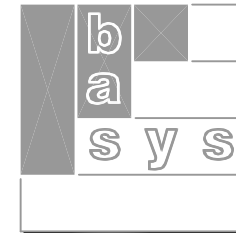
D\_I51a



**Details - Innenbereich**

|             |  |           |          |
|-------------|--|-----------|----------|
| Planinhalt: | <b>Schnitt<br/>Innenwand BST - Decke<br/>Integration Heizung<br/>und Elektro</b> |           |          |
| Maßstab:    | 1:5  | Plan-Nr.: | D_I51a/b |
| Bearbeiter: | gb   | Datum:    | 15.01.03 |

**Joachim Eble Architektur**  
 Dipl. Ing.  
 Freier Architekt  
 Berliner Ring 47a  
 72076 Tübingen  
 Telefon: 07071/9694-0  
 Telefax: 07071/600912  
 Email: info@eble-architektur.de



Decke Brettstapel

Abgehängte Decke:  
 - Installationsraum 168 mm  
 - Fermacell/Gipskartonplatte 12,5 mm

### Details - Innenbereich

Planinhalt: **Schnitt  
 Innenwand BST - Decke  
 - Tür - Abgehängte Decke**

Maßstab: 1:5      Plan-Nr.: D\_I52a

Bearbeiter: gb      Datum: 15.01.03

**Joachim Eble Architektur**  
 Dipl. Ing.  
 Freier Architekt  
 Berliner Ring 47a  
 72076 Tübingen  
 Telefon: 07071/9694-0  
 Telefax: 07071/600912  
 Email: info@eble-architektur.de

---

Merkle GmbH

Holzbau

Bissingen / Teck

**Verbundvorhaben:** Lebenszyklusoptimierte  
Systemlösung für verdichteten Wohnungsbau  
mit Massivholztechnologie (BASYS)

**Teilvorhaben:** Systementwicklung, Tragwerk,  
CAD-CAM-CNC-Verknüpfung, Fertigungs- und  
Montageplanung, Demonstrationsobjekt

Abschlußbericht über ein Forschungsprojekt  
Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit  
Mitteln Bundesministerium für Bildung und Forschung unter dem  
Förderkennzeichen 19 W0032C gefördert. Die Verantwortung für  
den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim  
Autor Rainer Merkle

Bissingen, August 2002

## Inhaltsverzeichnis

|          |  |             |
|----------|--|-------------|
| <b>1</b> | <b>Kurzfassung</b>                             | <b>1-7</b>  |
| <b>2</b> | <b>Ausgangslage</b>                            | <b>2-9</b>  |
| <b>3</b> | <b>Ziele</b>                                   | <b>3-11</b> |
| 3.1      | Gesamtziel des Verbundprojektes                | 3-11        |
| 3.2      | Wissenschaftliche und technische Zielsetzungen | 3-11        |
| 3.3      | Ziele des Teilvorhabens                        | 3-12        |
| <b>4</b> | <b>Einleitung</b>                              | <b>4-13</b> |
| <b>5</b> | <b>Massivholzelemente</b>                      | <b>5-14</b> |
| 5.1      | Vorteile von Brettstapelkonstruktionen         | 5-17        |
| 5.2      | Herstellung                                    | 5-17        |
| 5.3      | Technische Möglichkeiten                       | 5-19        |
| 5.3.1    | Oberflächenausbildung                          | 5-19        |
| 5.3.1.1  | Profil Scharfkantig sichtbar:                  | 5-20        |
| 5.3.1.2  | Profil Gefast sichtbar:                        | 5-21        |
| 5.3.1.3  | Profil Nut- und Feder sichtbar:                | 5-22        |
| 5.3.1.4  | Akustikprofil:                                 | 5-23        |
| 5.3.1.5  | Decken- und Wandelemente nicht sichtbar        | 5-23        |
| 5.3.2    | Maschinenparameter                             | 5-24        |
| 5.3.2.1  | Gedübelte Brettstapelelemente                  | 5-24        |
| 5.3.2.2  | Brettstapelelemente genagelt                   | 5-26        |
| <b>6</b> | <b>Planung</b>                                 | <b>6-29</b> |
| 6.1      | Elementkatalog                                 | 6-29        |
| 6.2      | Detaillkatalog                                 | 6-30        |
| 6.3      | Ablaufplanung                                  | 6-34        |
| 6.3.1    | Kapazitätsplanung                              | 6-34        |

|          |   |             |
|----------|---|-------------|
| 6.3.2    | Ablaufplan Massivholzhausherstellung              | 6-35        |
| 6.3.3    | Plattformgestützte Terminplanung                  | 6-36        |
| 6.4      | <b>Vorfertigung</b>                               | 6-38        |
| 6.4.1    | Kompletten Unterbau im Werk aufbringen            | 6-38        |
| 6.4.2    | Brettstapelwände mit kompl. Außenfassade          | 6-39        |
| 6.4.3    | Dachelemente mit Sparren                          | 6-40        |
| 6.4.4    | Fenstermontage im Werk                            | 6-41        |
| 6.5      | <b>Reverse Engineering</b>                        | 6-41        |
| <b>7</b> | <b>CAD – CAM- Kette Fertigung, Montage</b>        | <b>7-45</b> |
| 7.1      | Betriebsablauf durch die CAD –CNC Kette           | 7-48        |
| 7.1.1    | Auswirkungen auf den Fertigungsablauf:            | 7-48        |
| 7.1.2    | Auswirkungen auf den Montageablauf                | 7-49        |
| 7.1.3    | Auswirkungen auf den Ausbauablauf                 | 7-49        |
| 7.2      | Fertigung   | 7-50        |
| 7.2.1    | Bearbeitung der BST – Elemente                    | 7-50        |
| 7.2.2    | Einbau von Sanitärverteilungen                    | 7-54        |
| <b>8</b> | <b>Logistik und Montage</b>                       | <b>8-57</b> |
| 8.1      | Logistik  | 8-57        |
| 8.2      | <b>Montage der vorgefertigten Elemente</b>        | 8-59        |
| 8.2.1    | Möglichkeiten zum Schutz vor Witterungseinflüssen | 8-62        |
| 8.2.1.1  | Einhausung der Baustelle                          | 8-63        |
| 8.2.1.2  | Witterungsschutz für Brettstapeldecken            | 8-64        |
| 8.2.1.3  | Schutz der Baustelle vor Schlagregen              | 8-64        |
| <b>9</b> | <b>Digitales Ausbildungssystem</b>                | <b>9-65</b> |
| 9.1      | Inhalte des Ausbildungssystems                    | 9-66        |
| 9.1.1    | Fertigung   | 9-67        |
| 9.1.2    | Montage   | 9-68        |
| 9.1.3    | Übergabe an den Bauherrn                          | 9-69        |
| 9.1.4    | Bauphysik   | 9-70        |

|                 |  |               |
|-----------------|--|---------------|
| <b>10</b>       | <b>Dokumentation</b>                                       | <b>10-71</b>  |
| 10.1            | Qualitätssicherung   | 10-71         |
| 10.1.1          | Brettstapel  | 10-72         |
| 10.1.1.1        | Ablaufplan für Brettstapelfertigung                        | 10-72         |
| 10.1.1.2        | Güte- und Prüfbestimmungen                                 | 10-74         |
| 10.1.1.3        | Gütesicherung Holzbauteile für Montagebau und Fertighäuser | 10-84         |
| 10.1.2          | Gebäude  | 10-93         |
| 10.2            | Produktunterlagen  | 10-95         |
| 10.2.1          | Zulassungen  | 10-96         |
| 10.2.2          | Instandhaltung, Wartung, Pflege                            | 10-97         |
| <b>11</b>       | <b>Ausblick</b>  | <b>11-97</b>  |
| <b>12</b>       | <b>Ergebniskontrollbericht</b>                             | <b>12-99</b>  |
|                 | Quellenverzeichnis:  | 12-103        |
|                 | Bildquellen  | 12-103        |
|                 | <b>Anlagenband</b>   | <b>12-104</b> |
|                 | <br>Abbildungsverzeichnis                                  |               |
| Abbildung 5-1:  | Brettstapelmaschine  | 5-18          |
| Abbildung 5-2:  | Profil scharfkantig  | 5-20          |
| Abbildung 5-3:  | Profil gefast  | 5-21          |
| Abbildung 5-4:  | Profil Nut- und Feder                                      | 5-22          |
| Abbildung 5-5:  | Profil Akustik   | 5-23          |
| Abbildung 5-6:  | Maschinendaten Dübelanlage)                                | 5-24          |
| Abbildung 5-7:  | Skizze Dübelüberschneidung                                 | 5-25          |
| Abbildung 5-8:  | Maschinendaten Nagelanlage                                 | 5-26          |
| Abbildung 5-9:  | einschnittige Nagelverbindung (aus DIN 1052)               | 5-27          |
| Abbildung 5-10: | zweischnittige Verbindung (aus DIN 1052)                   | 5-28          |
| Abbildung 6-1:  | Außenwandaufbau aus dem Elementkatalog                     | 6-29          |

|                 |  |      |
|-----------------|--|------|
| Abbildung 6-2:  | Deckendetail bei Haustrennwand                                   | 6-30 |
| Abbildung 6-3:  | Außenwand mit Putzsystem   | 6-31 |
| Abbildung 6-4:  | Übergang von Putzfassade in Holzfassade                          | 6-32 |
| Abbildung 6-5:  | Anschluss Dach an Brettstapelwand                                | 6-33 |
| Abbildung 6-6:  | Kapazitätsplan Brettstapelfertigung                              | 6-34 |
| Abbildung 6-7:  | Ablaufprozess für ein Doppelhaus in Massivholzbauweise           | 6-35 |
| Abbildung 6-8:  | Ablaufprozess für ein Doppelhaus in Massivholzbauweise           | 6-36 |
| Abbildung 6-9:  | Terminplan auf der Internetplattform                             | 6-37 |
| Abbildung 6-10: | Brettstapelement mit werkseitig aufgebrachtener Dämmung          | 6-38 |
| Abbildung 6-11: | Außenwand mit kompletter Fassade                                 | 6-39 |
| Abbildung 6-12: | Dachelemente mit Sparren   | 6-40 |
| Abbildung 6-13: | Schichtenaufbau einer Wand                                       | 6-42 |
| Abbildung 6-14: | Untersuchung der Bauteilschichten auf Weiterverwendung           | 6-45 |
| Abbildung 7-1:  | in AutoCAD modellierte Sanitärverteilungen (Ifib)                | 7-47 |
| Abbildung 7-2:  | Darstellung der Zeiteinsparung bei durchgängiger CAD-CNC - Kette | 7-49 |
| Abbildung 7-3:  | CNC – Nagelbrücke mit Leitstand                                  | 7-51 |
| Abbildung 7-4:  | einfräsen von Leitungskanälen                                    | 7-52 |
| Abbildung 7-5:  | einlegen von Leerverrohrungen in eine Brettstapelwand            | 7-54 |
| Abbildung 7-6:  | einfräsen von Öffnungen in bekleidetes Element                   | 7-55 |
| Abbildung 7-7:  | Rück- Sichtseite eines komplett bekleideten Elementes            | 7-56 |
| Abbildung 7-8:  | Fertig montiertes Modell   | 7-56 |
| Abbildung 8-1:  | Lageplan Bornstedter Feld mit Kranstandorten                     | 8-57 |
| Abbildung 8-2:  | Muster Logistik und Bauablaufpläne                               | 8-58 |
| Abbildung 8-3:  | Muster Einteilung der Monteurgruppen                             | 8-58 |
| Abbildung 8-4:  | Montage von Brettstapelwänden                                    | 8-59 |
| Abbildung 8-5:  | Sockelbereich Wand   | 8-60 |
| Abbildung 8-6:  | Kopfbereich Wand mit Anbindung an Dachtragwerk                   | 8-61 |
| Abbildung 8-7:  | Deckenspiegel zwischen zwei Geschossen                           | 8-61 |
| Abbildung 8-8:  | verschiedene Einhausungsvarianten ( Fa. Hünnebeck, Fa. Layher)   | 8-63 |
| Abbildung 9-1:  | Titelseite Ausbildungssystem                                     | 9-66 |
| Abbildung 9-2:  | Einleitungsseite Kapitel Fertigung                               | 9-67 |
| Abbildung 9-3:  | Einleitungsseite Kapitel Montage                                 | 9-68 |
| Abbildung 9-4:  | Pflege- und Instandhaltungshinweise                              | 9-69 |
| Abbildung 9-5:  | Kapitel Bauphysik  | 9-70 |



|                  |  |       |
|------------------|--|-------|
| Abbildung 10-1:  | Abnahmeprotokoll                                       | 10-71 |
| Abbildung 10-2:  | Messprotokoll für Brettstapellamellen                  | 10-73 |
| Abbildung 10-3:  | RAL Gütezeichen für Brettstapel- und Dübelholzelemente | 10-83 |
| Abbildung 10-4:  | Kennzeichnung von Brettstapelelementen                 | 10-84 |
| Abbildung 10-5:  | RAL Gütezeichen für Holzbauteile                       | 10-91 |
| Abbildung 10-6:  | Stempel zur Kennzeichnung von Fertighauselementen      | 10-91 |
| Abbildung 10-7:  | Formular Dokumentation von Qualitätsbeanstandungen     | 10-92 |
| Abbildung 10-8:  | Blower – Door Zertifikat                               | 10-94 |
| Abbildung 10-9:  | Blower – Door Messprotokoll                            | 10-94 |
| Abbildung 10-10: | Abnahmeprotokoll                                       | 10-95 |
| Abbildung 10-11: | verschiedene Produktunterlagen                         | 10-96 |

## 1 Kurzfassung

Im Rahmen des Verbundvorhabens „Lebenszyklusoptimierte Systemlösungen für verdichteten Wohnungsbau mit Massivholztechnologie (BASYS)“ wurde im Teilvorhaben „Systementwicklung, Tragwerk, CAD-CAM-CNC-Verknüpfung, Fertigungs- und Montageplanung, Demonstrationsobjekt“ durch die Fa. Merkle GmbH die **durchgängige CAD-CNC Kopplung** zur Bearbeitung von Massivholzelementen mitentwickelt.

Durch diese CAD-CNC Kopplung ist es möglich, die Architektendaten direkt auf die CNC-Bearbeitungsanlage zu übertragen, welche dann wiederum die komplexen Haustechnikverteilungen in die Massivholzelemente einfräst.

Dadurch werden die Massivholzelemente, die durch ihre Eigenschaften wie hohes Wärmespeichervermögen durch große Masse, gute Schall- und Wärmedämmung sich schon im Voraus von anderen Holzbausystemen positiv abheben, noch verstärkt. Mit den Erkenntnissen aus dem Forschungsprojekt ist es nun möglich Fertighauselemente mit integrierten Haustechnikverteilungen wenn notwendig in „Möbelqualität“ auf die Baustelle zu liefern.

Die prototypische Fertigung von Modellteilen auf dem firmeneigenen CNC Bearbeitungszentrum erbrachte den Nachweis der möglichen durchgängigen CAD-CAM-Kette mit Integration der Haustechnik.

Es wurde festgestellt, dass die Fräskonturen sehr exakt, in Sichtqualität herstellbar sind. Dies eröffnet neue Integrations- und Design-Lösungen. Somit ist auch die weitere Forderung „Befestigung durch Fräsung“ ohne weitere Hilfsmittel alleine durch die Fräskontur selbst möglich.

Die Integration der Haustechnik soll, um Zeit und Kosten zu reduzieren ohne Wendevorgänge der Brettstapel-Elemente auskommen. Die Bearbeitung bzw. Integration der Haustechnik von nur einer Seite war eine wesentliche Planungsvorgabe, deren Umsetzung sich in mehreren Praxistests im Fertigungsprozess bewährt hat.

Für Wand, Decke und Dach wurden mit den Projektpartnern **Element- und Detailkataloge** entwickelt. In den Elementkatalog flossen neben den Anforderungen an die Bauphysik, den Vorstellungen der Planer auch die Erfahrungen der Firma Merkle mit der Brettstapeltechnologie ein.

Diese Elemente wurden dann durch einen Detailkatalog stark an die fertigungstechnischen Möglichkeiten angepasst. Um einen reibungslosen Ablauf zwischen der Planung und der Fertigung zu gewährleisten wurden standardisierte Details entwickelt, die sowohl gestalterisch als auch konstruktiv sehr gute Lösungen ergaben.

Um die **Massivholztechnologie** sinnvoll **vorfertigen** zu können wurden die Eigenschaften der Produktions- und Bearbeitungsanlagen, sowie die maximalen Transportmasse erfasst und allen Partnern über die Internetplattform zur Verfügung gestellt. Um den wirtschaftlichsten Vorfertigungsgrad zu ermitteln, wurden Checklisten entwickelt, aus denen ersichtlich ist bis wie weit die Vorfertigung wirtschaftlich sinnvoll betrieben werden kann.

Die durchgängige Beachtung eines handwerksgerechten „Reverse Engineering“ ist von herausragender Bedeutung. So wird nun schon in der Planung und Fertigung darauf geachtet, welche Materialien eingesetzt werden, und wie deren spätere Wiederverwendung aussieht. So wurden die im Rahmen des Forschungsprojektes entwickelten Elemente auf ihre spätere Wiederverwendung untersucht. Um die einzelnen Bauteilschichten wiederverwenden zu können, muss auf die Wahl der verwendeten Verbindungsmittel geachtet werden.

Anhand zweier projektbegleitender Bauvorhaben, dem Bornstedter Feld, Potsdam als Standard-Variante der BASYS-Lösungen und dem Bauvorhaben Wohnhaus Klute als optimierte Brettstapelsystem-Variante, wurden die jeweils aktuellen Teilergebnisse des Verbundvorhabens laufend überprüft.

Beide Bauvorhaben wurden in Brettstapel-Bauweise erstellt und werden über Holzpellet-Heizungen, das Wohnhaus Klute zusätzlich über eine solarthermische Anlage, mit Wärme versorgt.

Um die Mitarbeiter in die neuen Montageabläufe einzuweisen, wurden die Unikat Montageabläufe visualisiert dargestellt. Angesichts der enormen Zunahme an berufsnotwendigem Fachwissen sind diese arbeitsprozessbezogenen Unterstützungsmittel für die am Bau Tätigen notwendig. In diesen prototypisch entwickelten Arbeitshilfen haben Bauhandwerker/Gesellen ihre Arbeitserfahrungen dokumentiert und innerhalb des Projektverbundes an Kollegen weitergegeben. Diese prozessbegleitenden Arbeitsdokumente

sind daher nicht nur ein Beitrag zur inner-, zwischen- und überbetrieblichen Kooperation, vielmehr belegen sie die „Qualität der Arbeit“ über die gesamte Wertschöpfungskette.

Der Langfassung des Berichtes liegt eine elektronische Präsentation des Verbundvorhabens aller Projektpartner auf CD-ROM bei.

Die vernetzten Ergebnisse und Arbeitsbereiche der einzelnen Verbundpartner sind dabei in selbsterklärender Weise und prägnant dargestellt.

## **2 Ausgangslage**

Der innovative Hausbau befindet sich im Umbruch, nachhaltige Änderungen und Anpassungen in Konstruktion, Fertigung und technischem Ausbau sind die Folge. Eine weitere Rationalisierung der Fertigung ist unter den aktuellen, verschärften Marktbedingungen zu erwarten.

Häufig werden bisher ausschließlich Minimierungen der Fertigungskosten und nicht eine Optimierung auf Grund einer ökonomischen und ökologischen Lebenszyklus-Gesamtkostenrechnung angestrebt.

Die Produktion der Gebäude kann heute mit modernen CNC-Maschinen innerhalb weniger Stunden, die Montage der dann vorgefertigten Teile innerhalb weniger Tage erfolgen. Im Bereich der Haustechnik-Installation haben diese Änderungen jedoch noch kaum Einzug gehalten. Eine weitere Verbesserung, auch im Sinne nachhaltigkeits-optimierter Haustechnik-Systeme, lässt sich durch Integration der Haustechnik in die Vorfertigung erzielen.

Die Projektpartner des Verbundvorhabens sind mittelständische Betriebe aus den Bereichen Planung und Fertigung sowie ein spezialisiertes Hochschulinstitut. Alle Partner haben Forschungs- oder Entwicklungsarbeiten auf dem vorgesehenen Arbeitsgebiet geleistet. Durch die Beteiligung der Partner an laufenden Bauprojekten können die Teilresultate während der Projektlaufzeit laufend praktisch erprobt werden.

Das Verbundvorhaben beruht auf einem integrierten Kommunikations-, Planungs- und Fertigungsmodell auf der Basis neuer Informations- und Kommunikationstechniken.

Die vorgeschlagene Brettstapelholz-Technologie (BST) eignet sich besonders zur Erhöhung des Vorfertigungsanteils und zu stark vereinfachten Montagetechniken.

Einen besonderen Schwerpunkt bildet die Integration von Elektro-, Heizungs-, Lüftungs- und Sanitärinstallationen. Die gesamte Prozesskette von der Planung bis zur Bauausführung wird abgedeckt, zusätzlich wird das Gebäude im Hinblick auf seinen Lebenszyklus geplant und gefertigt d.h. Unterhalt, Erneuerung und Rückbau werden berücksichtigt.

Die angestrebte Systemlösung beruht auf einer Kombination eines Bauwerkmodells auf Grundlage der Elementgliederung, Schnittstellen zwischen bereits vorliegenden Hilfsmitteln und einem sehr weitgehenden Kommunikationsmodell das in einer internet-basierten Plattform integriert ist.

Innerhalb von branchenübergreifenden Gruppen sollen die vorgesehenen Resultate von verschiedenen dezentralen mittelständischen Unternehmen sofort umsetzbar sein. Die innovative Brettstapel-Technologie kann theoretisch bei 40-50 % aller Bauvorhaben eingesetzt werden.

Im Gegensatz zu bisherigen Optimierungs- und Rationalisierungsmodellen soll der Unikatcharakter des Planungs- und Bauprozesses nicht negiert, sondern im Gegenteil voll unterstützt werden.

Die frühzeitige und systematische Einbindung der technischen Gebäudeausrüstung bei Planung und Vorfertigung der Bauelemente durch NC-gesteuerte Fräsmaschinen führt zu deutlichen Vorteilen bei Einbau und Wartung.

Die Koordination der verschiedenen Beteiligten und Gewerke geschieht innerhalb eines virtuellen Unternehmens über ein netzbasiertes Bauwerks- und Kommunikationsmodell, das auf der heute allgemein verwendeten Elementkostensystematik aufbaut (sowie standardisierten Schnittstellen wie STEP, GAEB etc. und Bestandteile von IFC).

Damit wird eine hohe Kompatibilität zu den vorhandenen Strukturen in Planungs- und Ausbaugewerken sichergestellt. Das Produktmodell ist eine Weiterentwicklung des im LEGOE-Projekt entwickelten Integrationsmodells. Es geht von existierenden CAD- Systemen aus, führt automatisch eine Lebenszykluskostenberechnung und Energiebedarfsberechnung über Element- und Bauleistungskataloge aus, steuert die Fertigungsanlagen und die Arbeitsvorbereitungsprogramme der Ausbaugewerbe über eine Schnittstelle an.

Die grundlegende Technologie ist der innovative massive Holzbau mit Brettstapelholz-Elementen, der in Zukunft von einer Vielzahl von ausführenden Betrieben übernommen

werden kann. Dieses Verfahren hat sich auf Grund von Berechnungen und ersten Pilotprojekten als ökobilanzmäßig vielversprechendste Technologie erwiesen.

Anstelle von fertigungsoptimierten Billiglösungen, die eine geringe Dauerhaftigkeit aufweisen, wird eine langfristige, nachhaltige Lösung durch die Koordination der Ausbauelemente mit dem Tragwerk im Hinblick auf Funktionserfüllung, Fertigungs- und Montagetechnik und Reparierbarkeit sowie Erneuerbarkeit realisiert.

## **3 Ziele**

### **3.1 Gesamtziel des Verbundprojektes**

Zielsetzung des Verbundvorhabens ist das Entwickeln, Validieren und Demonstrieren einer offenen Systemlösung für die Planung und Fertigung von Unikaten im verdichteten Wohnungsbau auf Basis der innovativen Massivholztechnologie „Brettstapelbauweise“ und parametrisierter Ausbaulösungen.

Es sollen langfristig optimale Lösung durch niedrige Gesamtkosten, hohe Dauerhaftigkeit, hohe Flexibilität, langfristige Anpassbarkeit, hohe Behaglichkeit und sehr geringe Umweltbelastung entwickelt werden.

Die Kopplung von Planung, Fertigung und Montage über ein netzbasiertes, digitales Bauwerks- und Kommunikationsmodell soll realisiert werden. Für diese Zielerreichung wird der Zusammenschluss der multidisziplinären mittelständischen Projektpartner zu einem virtuellen Unternehmen angestrebt.

Die laufende Überprüfung und Validierung der Teilresultate soll in realen Bauprojekten durchgeführt werden.

Die Demonstration des Gesamtsystems soll zum Ende des Projektes vorliegen.

### **3.2 Wissenschaftliche und technische Zielsetzungen**

Planung, Fertigung und Montage von verdichteten Wohnbauten, im wesentlichen Wohnungsbau, soll im Rahmen einer virtuellen Unternehmung über ein netzbasiertes, digitales Bauwerks- und Kommunikationsmodell entwickelt werden. Dies dient als Grundlage für die Einführung der neuen Brettstapelholz-Technologie und die Integration von parametrisierten, vorgefertigten Modulen in Innenausbau und Haustechnik.

Die Kopplung von CAD, AVA, numerisch gesteuerter Fertigung von Tragwerk und Ausbauelementen (CAM) sowie Bauablaufplanung als durchgehende, offene Lösung für KMU soll demonstriert werden.

Eine weitgehende Vorfabrikation von aufeinander abgestimmten Modulen von Tragwerk, Innenausbau und Haustechnik soll ein schnelleres, effektiveres und fehlerfreies Bauen und Installieren erlauben.

Der Einsatz von Simulationstechniken zur Optimierung der Montage über eine virtuelle Baustelle und zur Ausbildung von Arbeitskräften in neuen Unikat-Montageabläufen mittels Visualisierung und Rückkopplung von Erfahrungswissen soll demonstriert und aufgezeigt werden.

Die systematische Weiterentwicklung der innovativen Massivholztechnik des unbehandelten, zweitklassigen Brettstapelholzes soll erreicht werden. Hierzu sollen alle relevanten anforderungsorientierten Kriterien wie Wärmeschutz, Schallschutz, Brandschutz, Dauerhaftigkeit, Umweltverträglichkeit etc. abgeklärt werden.

Eine integrierte Lebenszyklusberechnung für Kosten, Energie und Umweltbelastung ist für die zu entwickelnden Techniken und Verfahren durchzuführen. Hierbei soll die Minimierung der lebenszyklusbezogenen Gesamtkosten (Bau-, Unterhalt-, Erneuerungskosten) und die Maximierung der Nachhaltigkeit, als Grundlage der Optimierung, im Vordergrund stehen.

Die Entwicklung und Erprobung interdisziplinärer, berufsbegleitender und betriebsinterner Aus- und Weiterbildungskonzepte und Qualifizierungsmaßnahmen wird angestrebt.

### **3.3 Ziele des Teilvorhabens**

Innerhalb des Teilvorhabens „Systementwicklung, Tragwerk, CAD-CAM-CNC-Verknüpfung, Fertigungs- und Montageplanung, Demonstrationsobjekt“ soll sich durch eine gezielte Vorplanung und eine Erhöhung des Vorfertigungsgrades der Massivholzelemente, indem die Haustechnik bereits integriert ist, die handwerklich zu beherrschende Gesamtkomplexität auf der Baustelle reduzieren. Die Lage der Haustechnikinstallationen wird über die CAD-CNC Kette übernommen und durch die NC gesteuerten Anlagen auf die Elemente übertragen.

Die gezielte Auslagerung von Bautätigkeiten in eine industrielle NC-Gesteuerte individuelle Vorfertigung soll bewirken, dass innerhalb dieser Bereiche das Gebäude vorhersagbarer,

fehlerresistenter und mit geringeren Toleranzen entsteht, was wiederum der Demontabilität, Nachrüstbarkeit und Recyclebarkeit der verwendeten Systeme zugute kommt.

Die veränderte Fertigung mit der Integration der Haustechnik erfordern eine Anpassung der Produktions- und Montageabläufe. So wird nun ein Teil Ausbauleitungen bereits im Werk hergestellt, dies verkürzt die Montagezeiten erheblich, mit der Konsequenz, dass sich die Produktionsdauer verlängert und dies bei der Terminplanung berücksichtigt werden muss. Die Integration der Haustechnik erzwingt jedoch von allen Beteiligten insgesamt eine höhere Planungs- und Koordinationsleistung.

Folgende Teilziele wurden verfolgt:

- Erarbeitung einer durchgängigen CAD-CNC Kopplung zur Übernahme der Planerdaten direkt auf die CNC- Fertigungsanlage
- Erhöhung des Vorfertigungsgrades von Bauteilen bzw. dem Gesamtsystem Bauwerk, hier insbesondere erhöhte Vorfertigung durch Integration der Leitungsverteilsysteme
- Vorfertigungs- und Ablaufplanung an veränderte Produktions- und Montagezeiten angleichen
- Fertigungs- und Montageplanung
- Realisierung eines Demonstrationsprojektes
- Entwicklung und Erprobung eines Ausbildungssystems für neue Mitarbeiter in BASYS- typische Montageabläufe

## **4 Einleitung**

In der zunehmenden Bestrebung, unsere Ressourcen zu schonen und besonders auch nachwachsende Baustoffe verstärkt einzusetzen, hat die Brettstapelbauweise großes Interesse in der Praxis, und erste wirtschaftliche Anwendungen gefunden.

Bei dem angewendeten Produkt handelt es sich um eine bereits um die vorige Jahrhundertwende angewandte Technologie.



Durch ein ständig steigendes Lohnniveau ist das Produkt in den 40er Jahren wieder nach und nach in die Vergessenheit geraten. Mitte der achtziger Jahre wurde das Produkt von Professor Natterer, Dozent an der Universität Luzern, wieder aufgegriffen.

Durch diese Renaissance, wurden auch verschiedene Maschinenhersteller auf den Plan gerufen, so dass von nun ab eine weitgehend lohnunabhängige Produktion ermöglicht wurde. Heute liegt der Lohnanteil an einem Brettstapel bei circa 20 Prozent der Gesamtkosten.

Weiterhin wurde die Nachhaltigkeit dahingehend gestärkt, dass man bei der Produktion des Brettstapels nun weitgehend die anfallende Seitenware der Sägewerksindustrie eingesetzt wird und somit ein Holzprodukt das zum Verpackungsmaterial degradiert wurde nunmehr als Werkstoff für Bauteile wieder avanciert.

## **5 Massivholzelemente**

Die eingesetzten Massivholzelemente auch Brettstapelelemente genannt, sind massive, flächig hergestellte Bauteile aus Massivholz. Sie werden aus senkrecht stehenden Brettlamellen durch kontinuierliches Nageln oder Dübeln zusammengefügt.

Die Idee für das Bauen mit Brettstapelsystemen entstand etwa um die vorige Jahrhundertwende, konnte sich aber wegen ihrem sehr hohen Aufwand, der mit der manuellen Vernagelung verbunden war nicht auf Anhieb durchsetzen. Mit heutiger Technologie können Brettstapelelemente maschinell und dadurch wirtschaftlich gefertigt werden.

Da die einzelnen Brettlamellen durch die kontinuierliche Vernagelung bzw. Verdübelung „aufgefädelt“ sind, findet somit das Schwinden und Quellen bei jedem Brett einzeln in der Brettfuge statt und nicht über die gesamte Elementbreite. Dadurch ist bei einer geringen, möglichen Veränderung des Feuchtigkeitsgehaltes im Element und einer Brettstärke von 3 bis 4 cm eine Maßänderung im Bereich von einigen 1/10 mm möglich, jedoch ist sie somit unproblematisch.

Brettstapelelemente finden in den verschiedensten Strukturen ihre Anwendung. Das Produkt kann sowohl im Wohnungsbau von Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäusern seine Anwendung finden, als auch im Geschosswohnungsbau.

Für den Gewerbebau eignet sich das Produkt besonders, da es durch sein geringes Gewicht und seine hohe Tragfähigkeit sehr gut für hohe Spannweiten eingesetzt werden kann, dies gilt sowohl für Dach-, Decken- und Wandelemente.

Entsprechend ihres Einsatzgebietes ändert sich die Dicke der einzelnen Elemente, diese liegen bei 8 bis 16 cm bei Wänden. Die Wand- beziehungsweise Elementstärke ermittelt sich aus der Geschosshöhe und Anzahl der Geschosse.

Beim Einsatz des Produktes als Geschossdecken kann je nach Spannweite, Belastung und Anforderung an den Brandschutz zwischen einer Stärke von 80 bis 260 mm variiert werden.

Bei extremen Lastfällen und Spannweiten kann auf die Brettstapel- Beton- Verbundbauweise zurückgegriffen werden. Dieses System erlaubt bei einer Gesamtbauweise von 280 mm und einer Verkehrslast von 3,5 KN eine Spannweite von 10m. Für den Einsatz des Produktes im Dachbereich gelten die selben Kriterien wie im Deckeneinsatz.

Bei einer Anforderung an erhöhte Aussteifung kann auf verschiedene Verfahren zurückgegriffen werden, die je nach Bauteil beziehungsweise Bauwerk und Kostenansatz entschieden werden. In der Hauptsache werden Bauplatten eingesetzt, die eine Doppelfunktion erfüllen, sie sind sowohl Aussteifung als auch Trägermaterial für Wandaufbauten und Luftdichtigkeitsebene. Falls es sich nur um eine Erhöhung der Steifigkeit des Bauteiles handelt, ist ein Rispenband aus verzinkten Flachstahl mehr als ausreichend.

Die Firma Merkle beschäftigt sich seit 1996 mit der Brettstapelbauweise und fertigt Brettstapelelemente für Decken, Wände und Dächer in genagelter und gedübelter Form. In diesem Zeitraum wurden von der größten Ganzholzhalle Europas bis zum Mehrfamilienhaus mit 28 Wohneinheiten und 4 Vollgeschossen fast alles in Brettstapel durch sie gebaut.

Bezogen auf den Dämmeffekt, können bedingt durch die große, flächige Holzmasse die mit 2 bis 4 cm weniger Wärmedämmung die gleichen U-Werte erreicht, wie herkömmliche Systeme, Kosten eingespart werden.

Der sommerliche Wärmeschutz steht, bedingt durch die große Holzmasse, den Werten von Massivbauten in keiner Weise nach, und ist durch seine industrielle und variable Herstellungsweise ökonomisch und ökologisch im Vorteil.

Um die Luftdichtigkeit herzustellen, muss in der Ebene zwischen dem Brettstapelelement und der Dämmung ein Werkstoff eingesetzt werden, der bei fachgerechter Verarbeitung dies garantiert. Dazu eignen sich mit ihrer Doppelfunktion Bauplatten mit Stoßabdichtung jedoch auch verschiedenes Folienmaterial.

Da Decken in Brettstapelbauweise bei größerer Spannweite eine sehr geringe Bauhöhe haben. Jedoch Ihre relativ große Holzmasse sich auch beim Schallschutz positiv bemerkbar macht, sind mit üblichen Fußbodenaufbauten sehr beachtliche Werte für Wohnungstrenndecken zu erreichen.

Unbekleidete und rauchdicht hergestellte Brettstapelelemente erfüllen in der Regel den Brandschutznachweis F 30-B. Mit minimal verstärkten Elementen lassen sich auch Brandwiderstandsdauern von F 60-B und F 90-B erreichen. Dies bedarf bei einer Erhöhung der Abbranddauer um eine Minute eine Erhöhung der Bauhöhe um 0,8 mm.

## **5.1 Vorteile von Brettstapelkonstruktionen**

Die Brettstapелеlemente sind flächige, massive Holzelemente mit neuen formalen und gestalterischen Möglichkeiten. Der Baustoff Holz bietet vielfältige ökologische Vorteile, so ist ein geringer Energieaufwand für die Gewinnung, Bearbeitung und den Einbau notwendig, und es wird die CO<sub>2</sub> Bilanz durch die gebundene Holzmasse gesteigert verbessert. In Brettstapel- und Dübelholzelementen der Fa. Merkle sind weder Leim noch chemische Stoffe enthalten, da die einzelnen Lamellen durch Nägel beziehungsweise Massivholzdübel verbunden werden. Die Brettstapelbauweise verbindet die Vorteile traditioneller Bauweisen in Europa, so ist es in Südeuropa üblich, dass das Bauwerk die am Tag gespeicherte Wärme nachts abgibt. In Nordeuropa hingegen sind geringe Wärmeverluste durch eine hohe Dämmfähigkeit notwendig.

Der sommerliche Wärmeschutz wird durch die große Holzmasse begünstigt da die Phasenverschiebung ähnlich wie bei einem Massivhaus ist.

Gebäude in Massivholzbauweise strömen durch ihre „warmen“ Wandoberflächen Behaglichkeit aus.

Sämtliche Brettstapelprodukte haben durch ihre industrielle Herstellung einen sehr hohen Vorfertigungsgrad. Dadurch kann eine kurze Bauzeit garantiert werden. Hinzu kommt, dass in Verbindung mit anderen ökologischen Baustoffen fast jedes Bauteil zur Erstellung eines veredelten Rohbauteiles produziert werden kann.

## **5.2 Herstellung**

Zur Herstellung von Brettstapeldecken dürfen ausnahmslos nur technisch getrocknete und je nach Anforderung sägerau oder gehobelte Bretter und Bohlen eingesetzt werden. Durch computergesteuerten Fertigungsanlagen werden diese senkrecht stehend durch kontinuierliche Nagelung oder Verdübelung miteinander zu einem großflächigen Element verbunden.



Abbildung 5-1: Brettstapelmaschine

Diese Art der Verbindung zwischen den Lamellen bewirkt die Querverteilung von Lasten und ein kontinuierliches Verformungsverhalten quer zur Spannrichtung der Elemente. Auch wird diese Verbindung gemäß DIN 1052 so weit möglich zur Aussteifung herangezogen.

Dadurch entsteht ein flächiges Massivholzbauteil, das als Ein- oder Mehrfeldträger gespannt werden kann. Die einzelnen Elemente können bis zu einem Maß von 2,50 m Breite und einer Länge von 17,00 m gefertigt werden, und werden verlegefertig an den Einsatzort transportiert.

## **5.3 Technische Möglichkeiten**

Im folgenden Abschnitt werden die Möglichkeiten der Brettstapeltechnik aufgezeigt. Es werden die verschiedenen Decken- und Wandoberflächen von Brettstapelementen beschrieben und dargestellt. Daneben wird auch auf die Maschinenparameter der Dübel- und der Nagelanlagen eingegangen. Durch diese Parameter werden die möglichen Elementgrößen vorgegeben und begrenzt, bleiben jedoch für alle technischen Bedürfnisse in ausreichender produktabler Größe.

### **5.3.1 Oberflächenausbildung**

Bei der Gestaltung der Oberflächen haben die Anwender einen großen Handlungsspielraum. Die Brettstapelemente können entweder sichtbar belassen oder als kostengünstiges nichtsichtbares Element hergestellt werden. Besonders interessant sind die Möglichkeiten, Lamellen mit besonders variabel gehobelten Profilen zu verwenden.

### 5.3.1.1 Profil Scharfkantig sichtbar:

Das Profil Scharfkantig wird aus exakt rechtwinklig ausgehobelten Bretter hergestellt. Diese Elemente finden Verwendung bei dem Wunsch des Planer, eine durchgängig glatte Fläche zu zeigen.

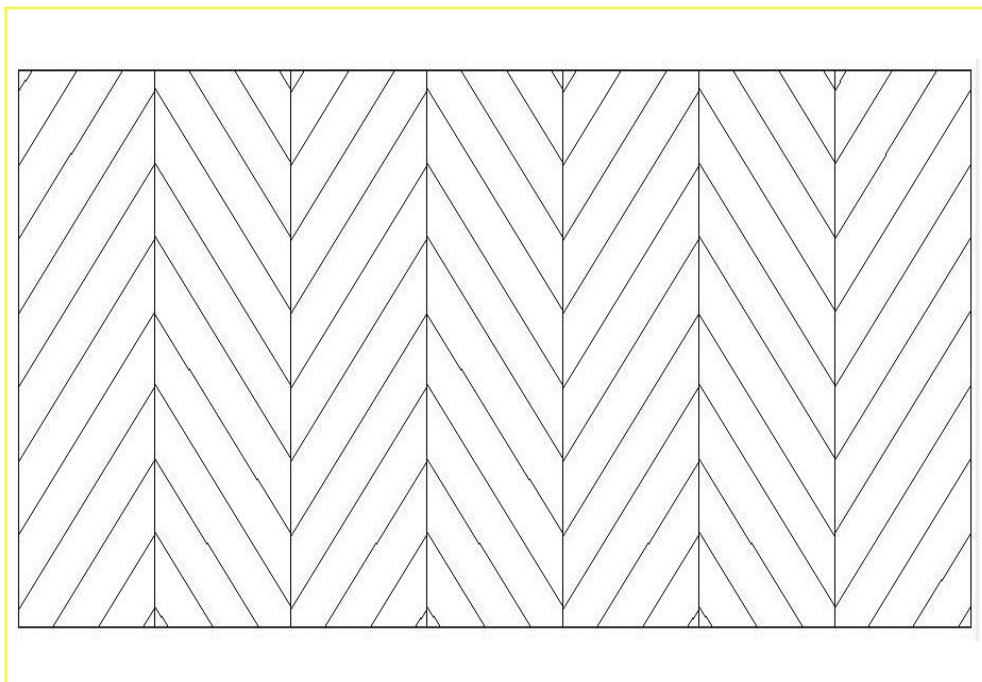
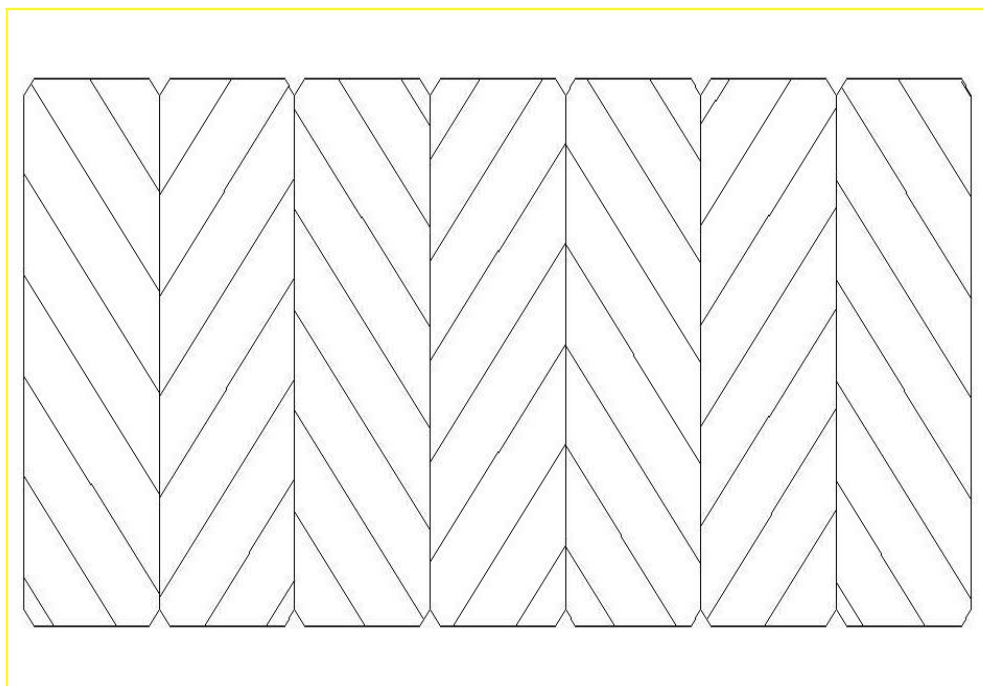


Abbildung 5-2: *Profil scharfkantig*

### **5.3.1.2 Profil Gefast sichtbar:**

Beim Profil Gefast werden vierseitig gehobelt und gefaste Lamellen verwendet. Durch die dadurch entstehende gleichmäßige Struktur, eignet sich dieses besonders für sichtbar belassene Decken und hat den Vorteil, dass bei eventuell auftretendem Schwinden die minimal .entstehenden Fugen kaschiert werden.

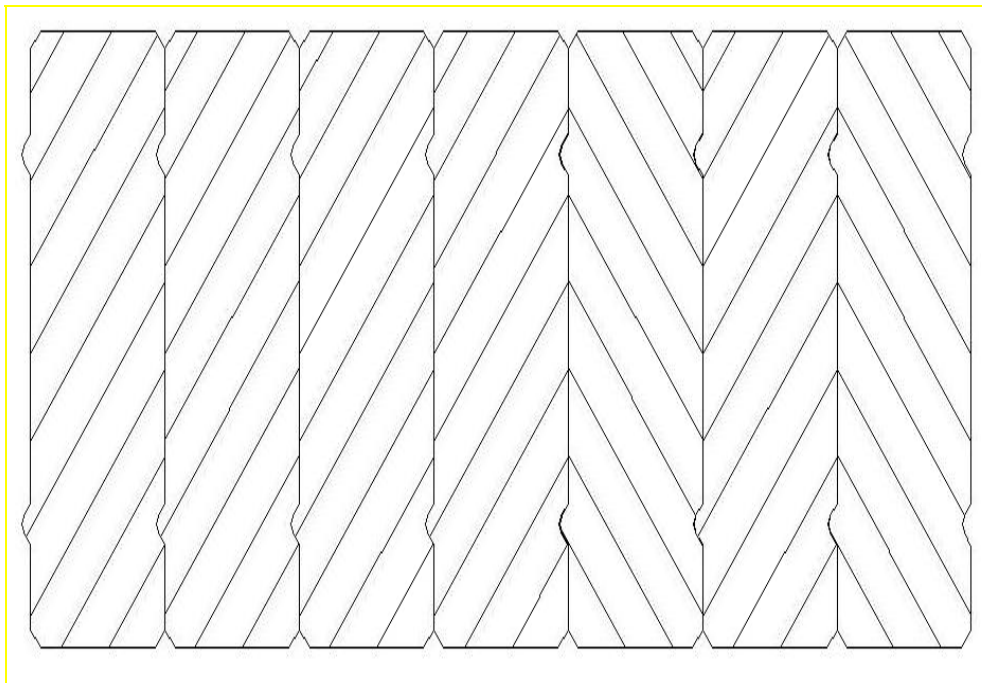


*Abbildung 5-3: Profil gefast*



### **5.3.1.3 Profil Nut- und Feder sichtbar:**

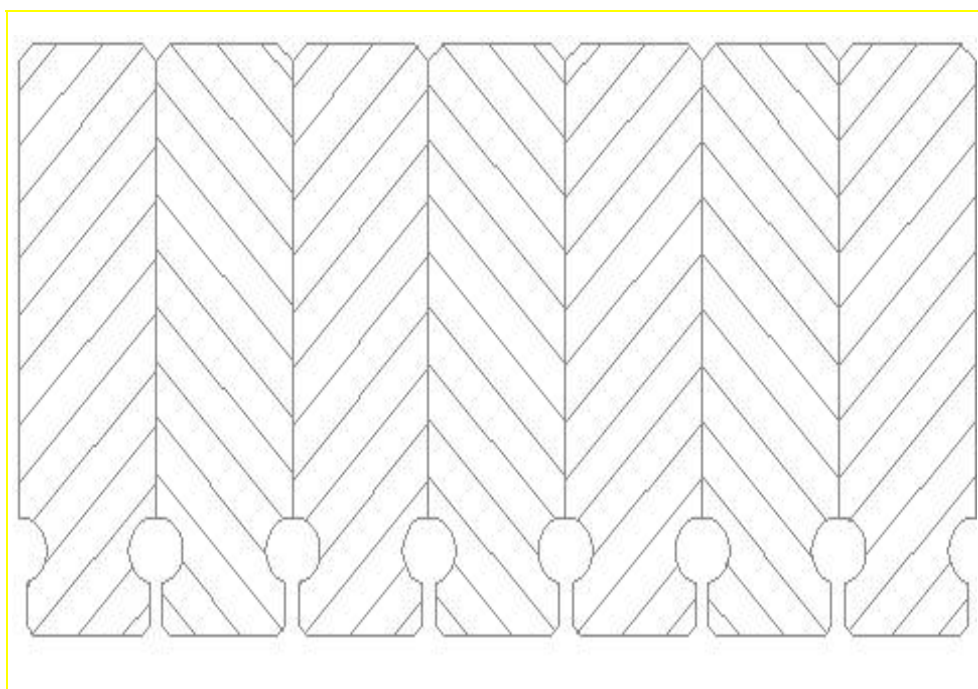
Beim Nut- und Federprofil werden doppelt profilierte Lamellen verwendet. Diese Elementart verwendet man, wenn die Ober- wie auch die Unterseite sichtbar bleiben soll, dadurch wird gewährleistet, dass keine durchgehenden Fugen entstehen und somit auch in der Langzeitanwendung ein geschlossenes Element bestehen bleibt.



*Abbildung 5-4: Profil Nut- und Feder*

#### **5.3.1.4 Akustikprofil:**

Die Decken- und Wandelemente mit den speziell profilierten Lamellen erlauben den Einsatz der Elemente in Räumen mit hohen Ansprüchen an die Raumakustik. Somit wird ohne zusätzlichen Aufwand eine doppelt positive Eigenschaft erzielt, die sonst bei keinem vergleichbarem Massivholzelement besteht.



*Abbildung 5-5: Profil Akustik*

#### **5.3.1.5 Decken- und Wandelemente nichtsichtbar**

Bei diesen Bauteilen kann jegliches Holz in Bohlen- beziehungsweise Brettform über 24 mm Dicke eingesetzt werden.

Voraussetzung dafür ist mindestens Sortierklasse S 7, gleiche egalisierte Bauhöhe und ein Trocknungsgrad von 15 %  $\pm$  3 %.

## 5.3.2 Maschinenparameter

### 5.3.2.1 Gedübelte Brettstapelelemente

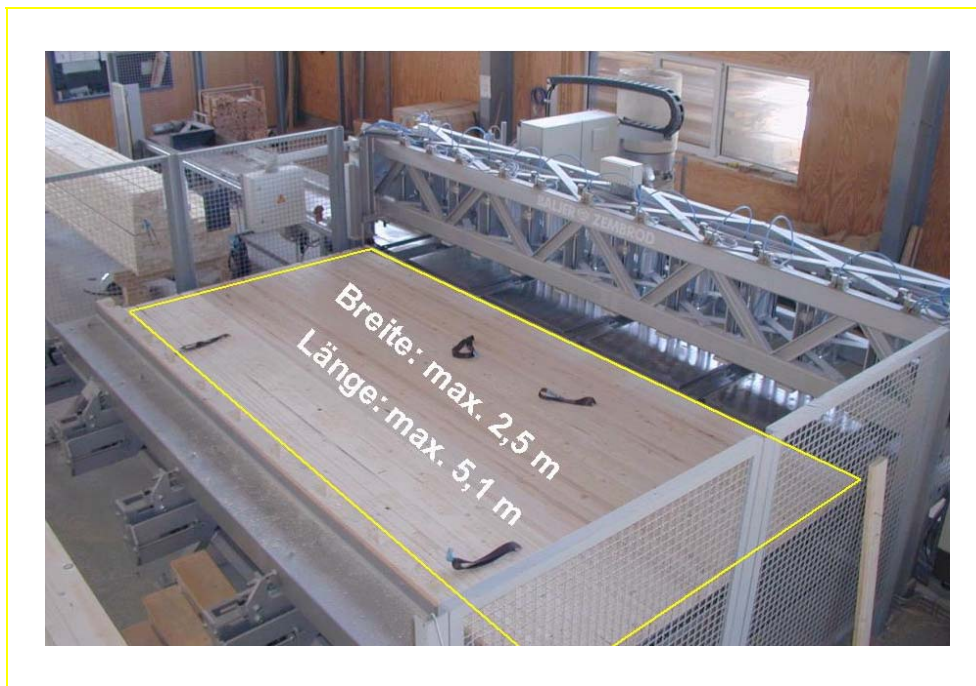


Abbildung 5-6: Maschinendaten Dübelanlage)

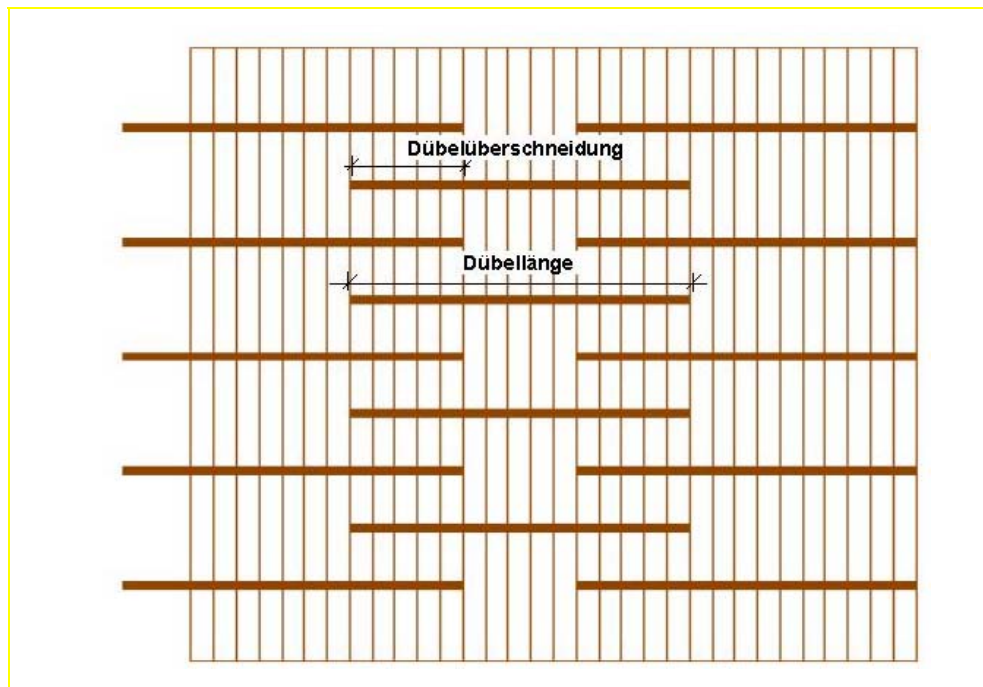
Maschinendaten:

|                     |                 |
|---------------------|-----------------|
| max. Elementlänge:  | 5,10 m          |
| max. Elementbreite: | 2,50 m          |
| Elementstärken:     | von 80 – 260 mm |
| Maschinenleistung:  | 10 qm / h       |

Mit der bei der Firma Merkle vorhandenen Dübelanlage ist es möglich Massivholzelemente mit einer Breite von bis zu 2,50 m und einer Länge von über 5,10 m herzustellen. Als Verbindung der Brettlamellen untereinander dient ein 20 Millimeter dicker Bucheholzdübel.

Die Holzfeuchte des Bucheholzdübels beträgt ca. 8%, die Holzfeuchte der Brettstapellamellen beträgt ca. 15%. Der Holzfeuchteunterschied zwischen den Dübeln und

den Lamellen ist einer der Umstände die das Massivholzelement zusammenhalten. Weitere Komponenten sind eine um 0,2 Millimeter untermassige Bohrung, sowie eine Riffelung der Holzdübel. Dadurch entsteht ein äußerst stabiles Flächenelement. Die Dübellänge beträgt 600 Millimeter, die Dübelüberschneidung beträgt 150 Millimeter



*Abbildung 5-7: Skizze Dübelüberschneidung*

Dübelholzelemente können sowohl als Wandelemente als auch als Decken- und Dachelemente eingesetzt werden.

Die Stärke der Massivholzelemente beträgt zwischen 80 und 260 Millimeter.

### 5.3.2.2 Brettstapelelemente genagelt



Abbildung 5-8: Maschinendaten Nagelanlage

#### Maschinendaten: Nagelanlage

|                     |                 |
|---------------------|-----------------|
| max. Elementlänge:  | 17,00 m         |
| max. Elementbreite: | 2,50 m          |
| Elementstärken:     | von 80 – 260 mm |
| Maschinenleistung:  | 14 qm / h       |

Um größere Brettstapelelemente herzustellen, müssen diese genagelt werden. Zur Herstellung dieser Großelemente wird bei der Firma Merkle eine Nagelanlage eingesetzt. Diese genagelten Brettstapelelemente können eine Breite von 2,5 m und die Länge kann bis zu 17,0 m betragen. Mit diesen Abmaßen kann fast das gesamte am Markt abverlangte Volumen abgedeckt werden.

Für die Verbindung der Brettlamellen untereinander werden hochwertige Maschinennägel verwendet.

Bei der Nagelanzahl, spielt die statische Beanspruchung eine entscheidende Rolle, des weiteren ist bei der Nagelmenge darauf zu achten, ob es sich um eine ein- oder zweischnittige Vernagelung handelt. Diese Angaben sind aus der DIN 1052 entnommen.

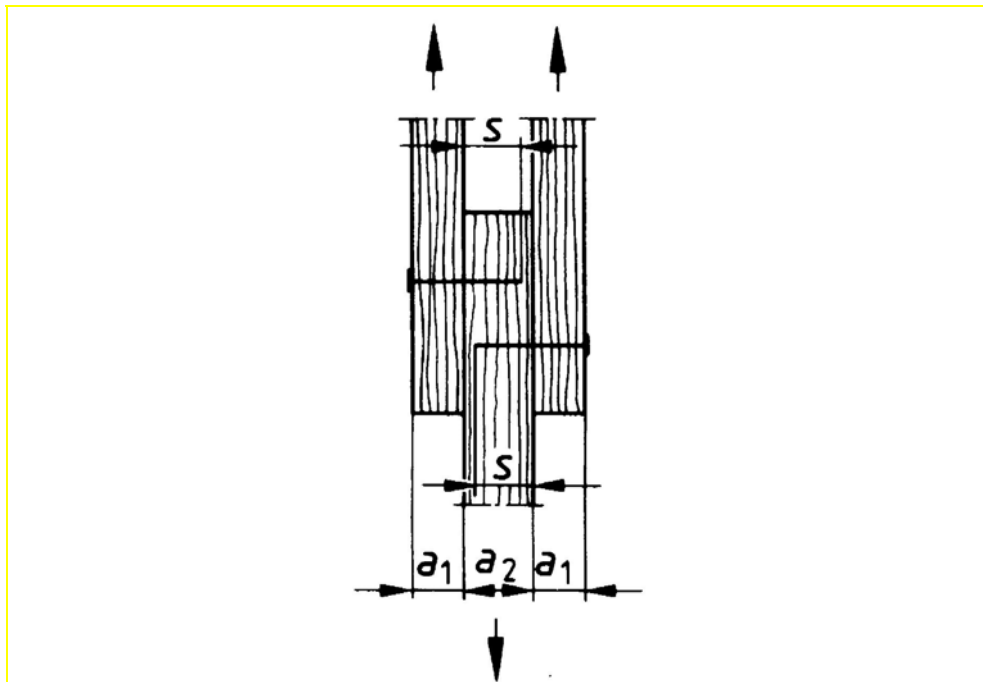


Abbildung 5-9: einschnittige Nagelverbindung (aus DIN 1052)

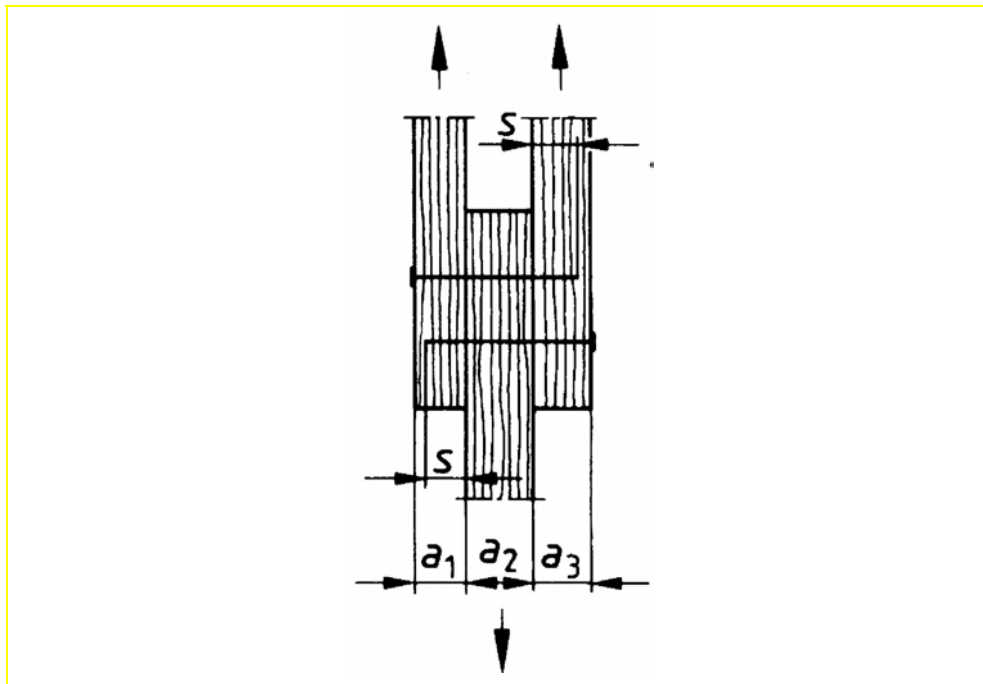


Abbildung 5-10: zweischrittige Verbindung (aus DIN 1052)

Das Anwendungsgebiet genagelter Brettstapelelemente ist vorwiegend als Dach- und Deckenelement, sie können jedoch auch als Wandelemente Verwendung finden.

## 6 Planung

### 6.1 Elementkatalog

In einem ersten Schritt wurde gemeinsam mit dem Projektpartner Eble ein Elementkatalog entwickelt. In diesem Elementkatalog wurden alle für das Forschungsprojekt wichtigen Wand- Decken und Dachaufbauten beschrieben.

Dieser Elementkatalog bildete dann die Grundlage für den Projektpartner König, den SirAdos-Elementkatalog um die Basys relevanten Elemente zu erweitern. In diesen Elementkatalog flossen neben den Anforderungen an die Bauphysik, den Vorstellungen der Planer auch die Erfahrungen der Firma Merkle mit der Brettstapeltechnologie ein. Diese Elemente finden sich dann alle im Detailkatalog wieder.

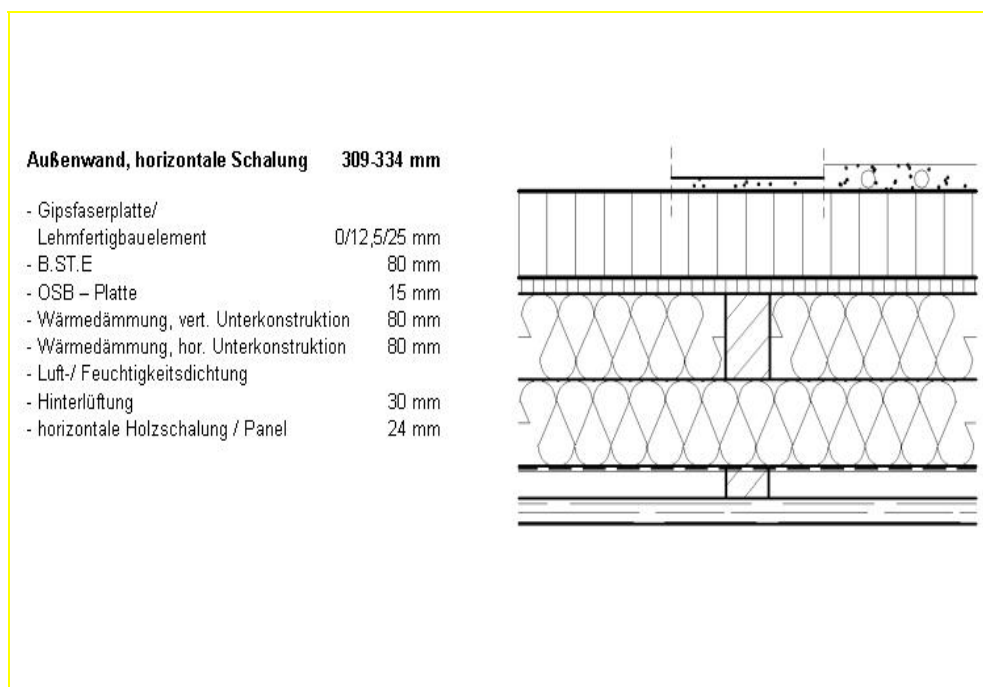


Abbildung 6-1: Außenwandaufbau aus dem Elementkatalog



## 6.2 Detailkatalog

In dem erarbeiteten Detailkatalog wurden in starkem Maße die Belange der Fertigung berücksichtigt. Jedoch nicht zu Lasten der Architektur. Die im Elementkatalog festgelegten Schichtenfolgen wurden im Detailkatalog mit Anschlussdetails ergänzt. Um einen reibungslosen Ablauf zwischen der Planung und Fertigung zu gewährleisten wurden standardisierte Details entwickelt, die sowohl gestalterisch als auch konstruktiv die optimalste Lösung ergaben.

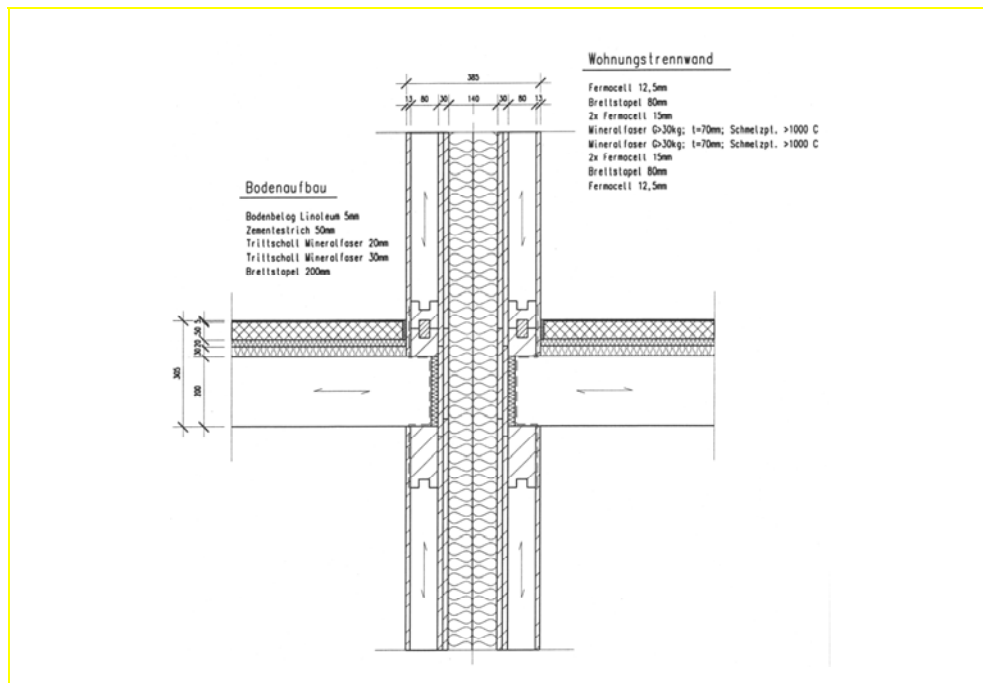


Abbildung 6-2: Deckendetail bei Haustrennwand

Damit die Anzahl der Anwendungsdetails nicht zu umfangreich wurden, haben Anschlüsse mit variabler Nutzung den Vorzug erhalten. Dies erspart einen immens umfangreichen Programmieraufwand und somit Kosten.

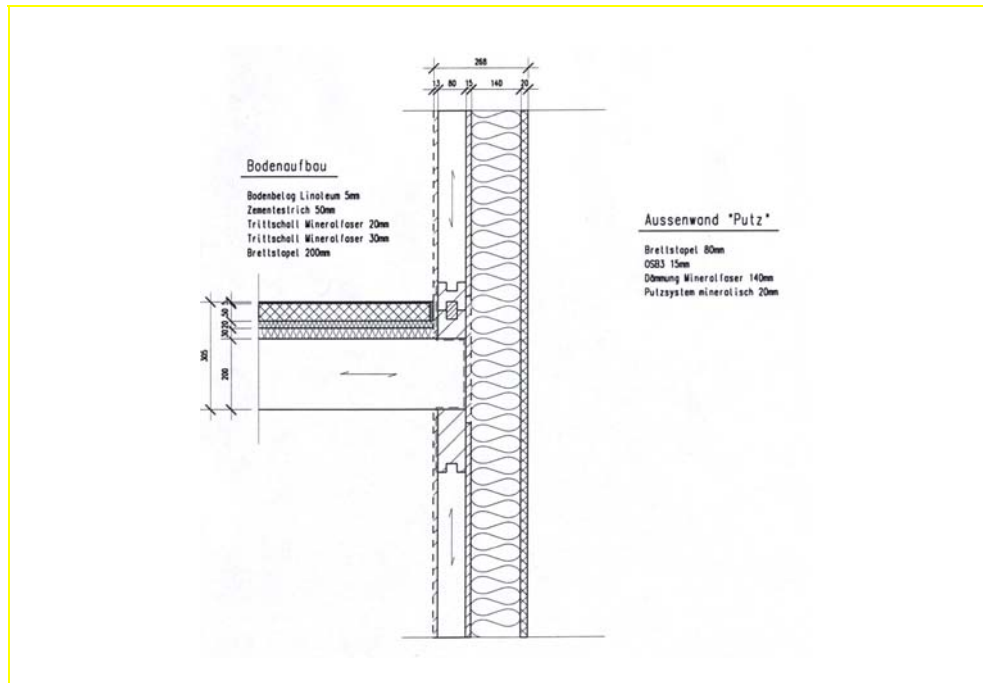


Abbildung 6-3: Außenwand mit Putzsystem

Auf die Passgenauigkeit der einzelnen Fertigteilelemente muss generell ein besonderes Augenmerk gelegt werden. Dies ist hinsichtlich der Qualität der Anschlüsse, und der damit verbundenen Stabilität erforderlich.

Das Resultat daraus ist hochwertiges Produkt, das sowohl den Anforderungen der Luftdichtigkeit wie auch den bauphysikalischen Gegebenheiten entspricht.

Nur bei Einhaltung dieser Kriterien ist ein zügiges und kostensparendes Montieren möglich.

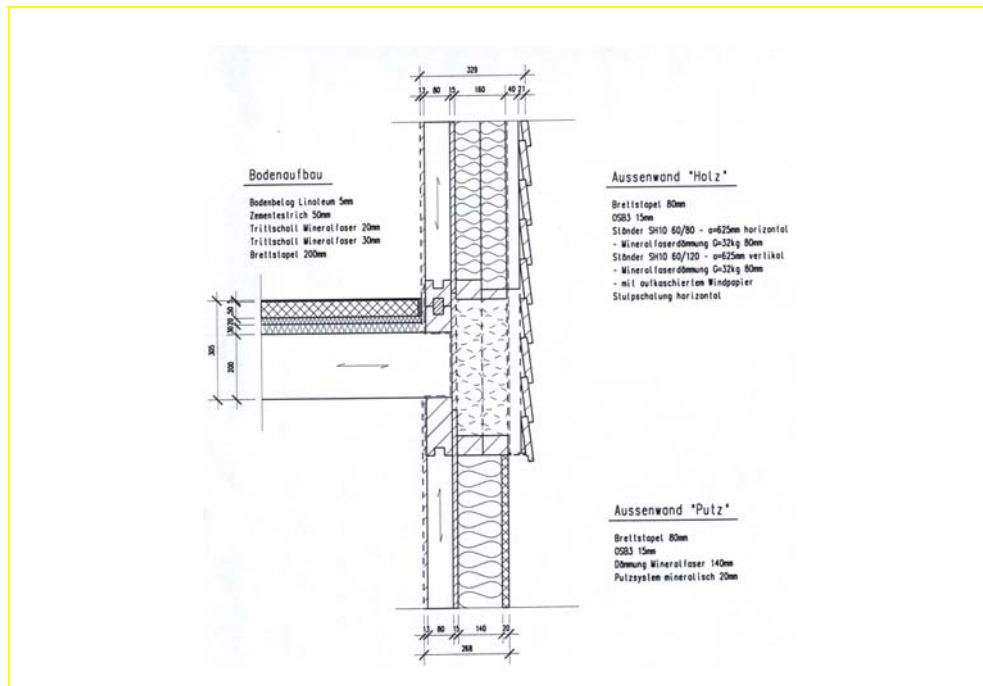


Abbildung 6-4: Übergang von Putzfassade in Holzfassade

Des weiteren wurde auch ein verstärktes Augenmerk auf eine kurze Montagezeit gelegt. Dies spart Kosten und schützt die Holzbauteile zügig vor Witterungseinflüssen, so dass sie keinen Schaden nehmen können. Anschlüsse sollten so beschaffen sein, dass auch Bauteiltoleranzen der Vorgewerke ausgeglichen werden können. Dies darf jedoch keinen Einfluss auf die eigene Qualität haben.

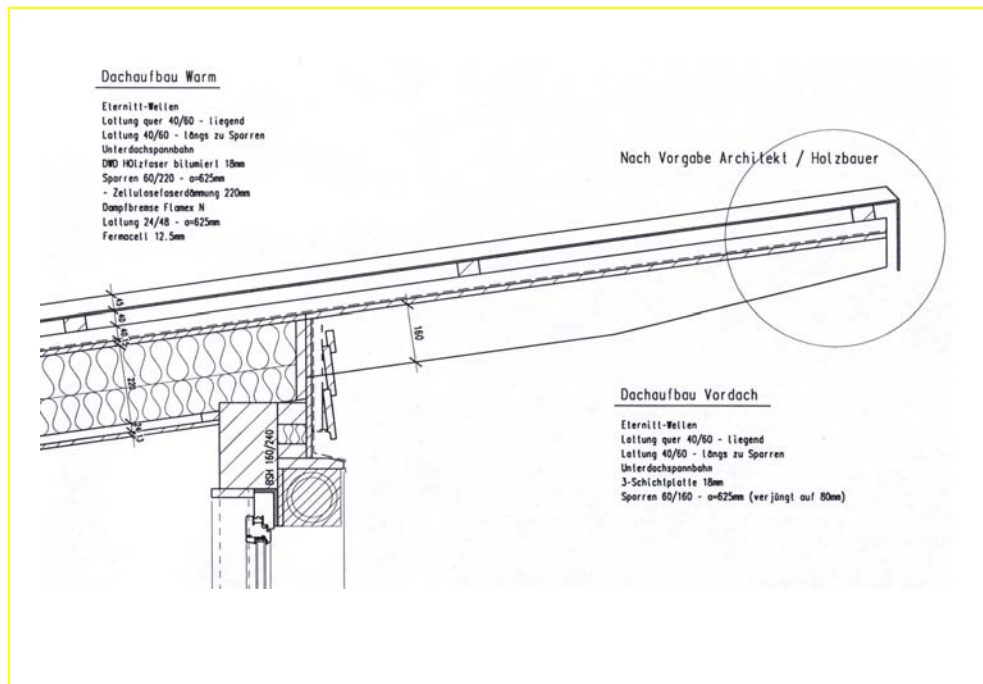


Abbildung 6-5: Anschluss Dach an Brettstapelwand

Die gleichbleibende hohe Qualität der Fertigbauteile sowie die kurze Fertigungs- und Montagezeiten setzen einen umfangreichen Vorfertigungsgrad voraus.

Es ist prinzipiell möglich die Bauteile komplett mit allen Schichten also von der Innenverkleidung über die eingebauten Bauteile bis zur Fassade im Werk vorzufertigen. Dies ist aber nicht generell sinnvoll, da bei eingebauten Bauteilen ein erhöhter Aufwand beim Transport betrieben werden muss, um die Bauteile vor Schaden zu schützen.

Des weiteren darf ein hoher Vorfertigungsgrad die Anforderung an die Luftdichtigkeit, die physikalischen Werte in keiner Weise beeinflussen, ansonsten ist der Schichtenaufbau entsprechend zu reduzieren.

Bei einer komplett im Werk aufgebrauchten Fassade wird vorausgesetzt, dass die Bauteilfugen sichtbar bleiben können und vom Abnehmer akzeptiert werden.

Da die Brettstapelelemente nicht an ein Raster gebunden sind, ist man bei der Planung an keine Grundrisse gebunden. Die Größe der jeweilig hergestellten Fertigteilelemente wird fast immer durch Ihr Gewicht und transportable Größe bestimmt.

## 6.3 Ablaufplanung

Um einen Überblick über die Leistungsfähigkeit der einzelnen Produktionsabteilungen zu erhalten, wurden für die verschiedenen Abteilungen Kapazitätsübersichten erstellt. Darin ist kalenderwöchentlich aufgezeigt welche Bauvorhaben wann in die Fertigung genommen werden, beziehungsweise wie hoch der Zeitaufwand ist um ein Bauvorhaben zu fertigen und welche Herstellmengen zu bewältigen sind.

Um den Monteuren eine Montage der Elemente direkt vom LKW zu ermöglichen, muss die Anlieferung der Massivholzelemente just in time erfolgen. Um dies zu gewährleisten, ist in einem Montageablaufplan der Verladetermin im Werk und der Anliefertermin auf der Baustelle festzulegen. Standzeiten der LKWs auf der Baustelle im Entladezeitraum sind ebenfalls in diesem Plan zu dokumentieren. Die Ablaufplanung wird spezifisch für jedes Objekt erstellt und muss bei Änderungen einzelner Positionen sofort angeglichen werden.

### 6.3.1 Kapazitätsplanung

| Kapazitätsplanung    |            |            |            |            |            |            |            |          |            |            |           |            |       |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|------------|------------|-----------|------------|-------|
| Brettstapelfertigung |            |            |            |            |            |            |            |          |            |            |           |            |       |
| alle Angaben in qm   |            |            |            |            |            |            |            |          |            |            |           |            |       |
| Bauvorhaben          | KW 35      |            |            | KW 36      |            |            | KW 37      |          |            | KW 38      |           |            | Summe |
|                      | Dübeln     | Nageln     | Abbund     | Dübeln     | Nageln     | Abbund     | Dübeln     | Nageln   | Abbund     | Dübeln     | Nageln    | Abbund     |       |
| Reihenhäuser Stgt    | 100        |            |            | 100        |            |            |            |          |            |            |           |            | 200   |
|                      |            |            | 100        |            |            | 100        |            |          |            |            |           |            | 0     |
|                      |            |            |            |            |            |            |            |          |            |            |           |            | 200   |
| Potsdam              |            |            |            |            |            |            |            |          |            |            |           |            | 0     |
|                      |            | 220        |            |            | 150        |            |            |          |            |            |           |            | 370   |
|                      |            |            | 110        |            |            | 50         | 100        |          | 110        |            |           |            | 370   |
| Lohnauftrag Müller   |            |            |            |            | 74         |            | 70         |          |            |            |           |            | 144   |
|                      |            |            |            |            |            | 74         |            |          | 70         |            |           |            | 0     |
|                      |            |            |            |            |            |            |            |          |            |            |           |            | 144   |
| Haus Schütz          |            |            |            |            |            |            |            |          |            | 165        |           |            | 165   |
|                      |            |            |            |            |            |            |            |          |            |            | 55        |            | 55    |
|                      |            |            |            |            |            |            |            |          |            |            |           | 220        | 220   |
| <b>Summe</b>         | <b>100</b> | <b>220</b> | <b>210</b> | <b>100</b> | <b>224</b> | <b>224</b> | <b>170</b> | <b>0</b> | <b>100</b> | <b>165</b> | <b>55</b> | <b>220</b> |       |

Abbildung 6-6: Kapazitätsplan Brettstapelfertigung

Die im Rahmen des Forschungsprojekts entwickelten Tools ermöglichen dem Planer schon in der Vorplanungsphase Angaben zur Herstellungsdauer eines Gebäudes in Brettstapelbauweise zu machen. Die ermittelten Kennzahlen für die Produktion von Wänden werden so auf der Internetplattform den anderen Projektteilnehmern zur Verfügung gestellt. Dadurch ist es allen Beteiligten möglich über die ermittelte Masse der Wandfläche die Produktionszeit des Massivholzgebäudes grob zu berechnen. Eine endgültige Feinplanung der Produktionszeit ist aber erst nach der Arbeitsvorbereitung möglich, denn dann sind alle notwendigen Produktionsschritte erfasst und der komplette Ablaufaufwand ermittelt. Dieser genaue Zeitaufwand ist dann in das Internet zu stellen.

### 6.3.2 Ablaufplan Massivholzhausherstellung

Um allen Projektbeteiligten eine Vorstellung zur Herstellung von Massivholzhäusern zu geben wurde ein Ablaufplan erstellt. Darin ist dokumentiert welche Ablaufschritte aufeinander folgen. Dieser Ablauf ist auch die Grundlage für die Koordination der Folgegewerke untereinander, da auch die Schnittstellen mit den einzelnen Folgegewerken dargelegt sind.

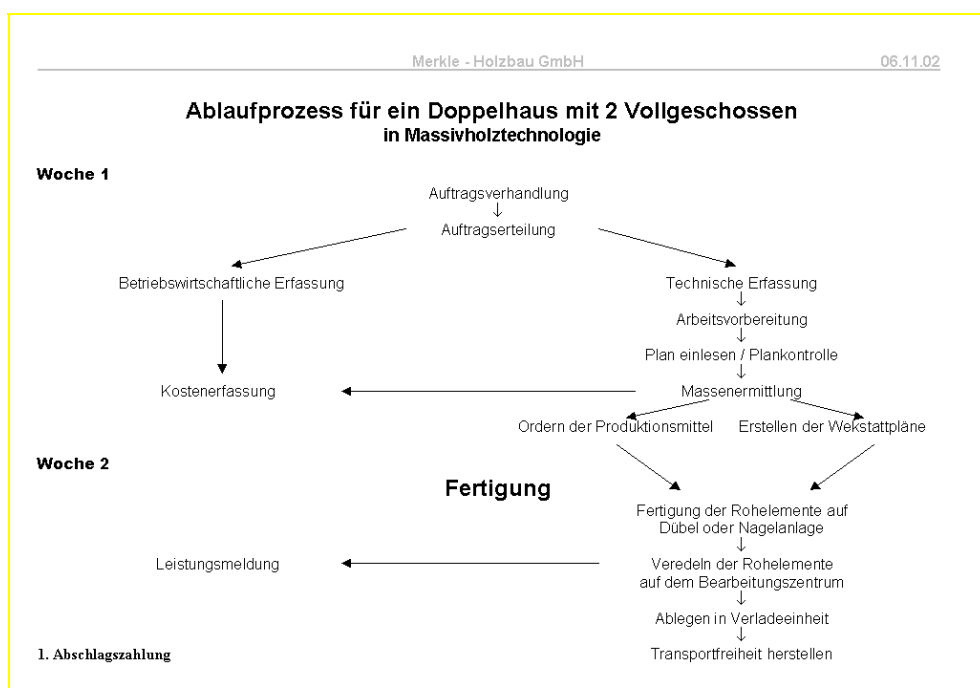


Abbildung 6-7: Ablaufprozess für ein Doppelhaus in Massivholzbauweise

| Merkle - Holzbau GmbH  |  | 06.11.02                                      |
|--|--|---|
| <b>Woche 3</b>   |  |   |
| <b>Baustelle</b>   |  |   |
| 1.Tag  | Aufbringen der Montagekränze und Kontrolle des Rohbestandes am Montageort<br>Baustelleneinrichtung |   |
| 2. Tag   | Anlieferung der Fertigteile<br>Montage   | Wände EG<br>Decke EG<br>Wände OG<br>Decke OG  |
| 3. Tag   | Montage  | Wände DG<br>Dach und<br>Unterdach             |
| 4. Tag   | Montage  | Außengerüste<br>Gesimse / Lattung<br>Klempner |
| 5. Tag   | Montage  | Fenster<br>Dacheindeckung                     |
| <b>2. Abschlagszahlung</b>   |  |   |
| 6. Tag   | Freigabe Folgegewerke, Restarbeiten und Mängelbeseitigung  |   |
| <b>Woche 4 + 5</b>   |  |   |
| Einlegen der Installation in den werksteilig hergestellten Leitungsführungen |  |   |

Abbildung 6-8: Ablaufprozess für ein Doppelhaus in Massivholzbauweise

### 6.3.3 Plattformgestützte Terminplanung

Über einen auf der, im Forschungsprojekt, eingesetzten Internetplattform hinterlegten Terminplan, wurde es allen Projektbeteiligten möglich den aktuellen Stand des Bauvorhabens von jedem Internetzugang abzurufen. Denn durch diese Internetplattform ist gewährleistet, dass jeder Beteiligte ständig auf den aktuellen Plan Zugriff hat, da dieser online auf der Plattform ergänzt beziehungsweise verändert werden kann.

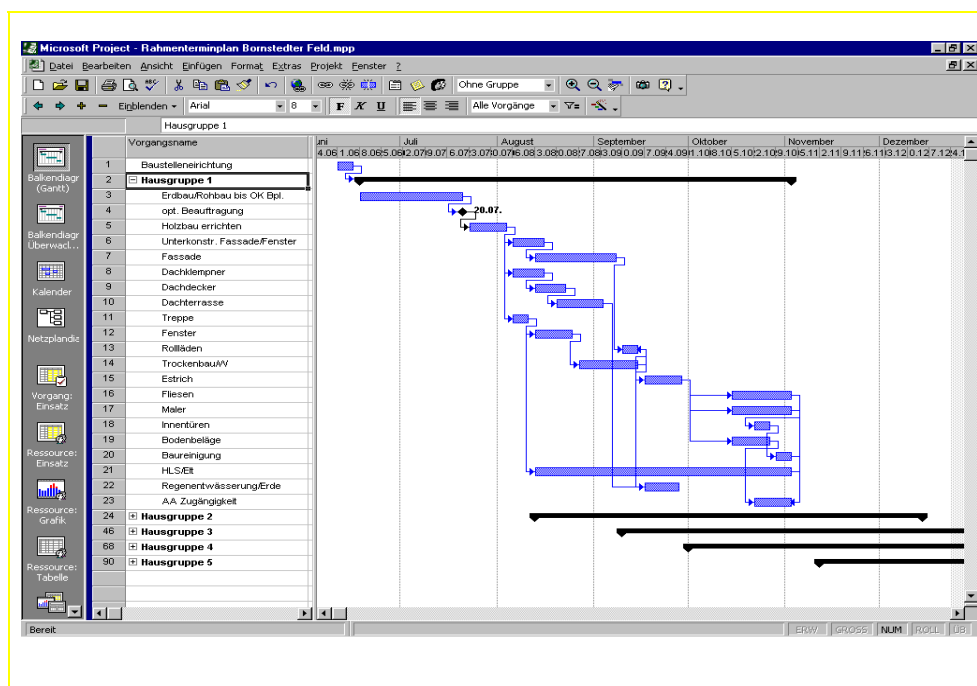


Abbildung 6-9: Terminplan auf der Internetplattform

Für Massivholzhaushersteller wie die Firma Merkle bietet dies die Möglichkeit, dass von allen am Projekt eingesetzten Führungspersonen wie im Falle Bauvorhaben Bornstedter Feld in Potsdam jederzeit festgestellt werden kann, in welchem Fertigungsgrad beziehungsweise Fertigungsstand befindet sich der derzeit in Bearbeitung befindliche Bauabschnitt.

Dies ist für die Montage wie auch für die Fertigung von Bedeutung, da somit ein optimaler Materialfluss gewährleistet wird und somit die Fertigungs- und Montagezeiten verkürzt werden können.



## 6.4 Vorfertigung

Alle für eine sinnvolle Vorfertigung wichtigen Entscheidungskriterien wurden im Rahmen des Forschungsprojektes niedergeschrieben. Diese Kriterien sind notwendig, um entscheiden zu können, bis wie weit die Vorfertigung vorangetrieben wird um dabei auch noch wirtschaftlich zu sein. Berücksichtigt wurden die Montagefreundlichkeit wie auch die bauphysikalischen Belange.

### 6.4.1 Kompletten Unterbau im Werk aufbringen

Die Montage des kompletten Unterbaus wie Unterkonstruktion und Dämmung auf das Brettstapelelement ist nur sinnvoll, wenn der ersparte Zeitaufwand mit dem durch das entstehende Volumen kalkulatorisch im Einklang ist. Denn die im Werk aufgebrachte Dämmung und Unterkonstruktion erfordert das dreifache des Ladevolumens eines Brettstapelelementes.

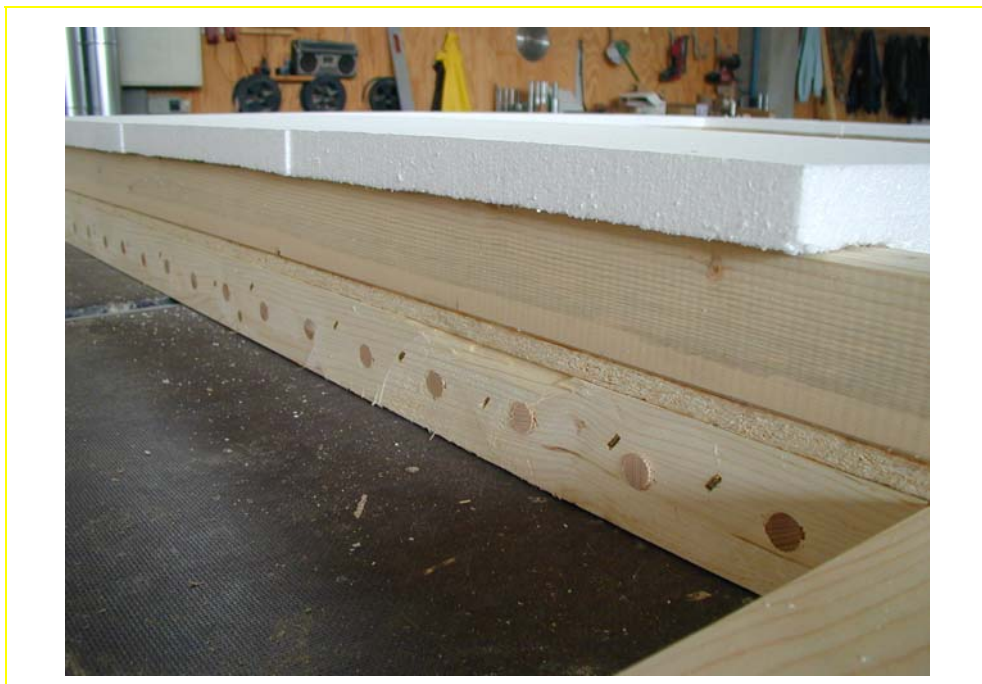


Abbildung 6-10: Brettstapelelement mit werkseitig aufgebrachter Dämmung

Hier ist ein sehr genaues Kalkulieren notwendig, ob die Kosteneinsparung durch weniger Baustellenfertigung günstiger ist als die dreifachen Transportkosten.

Da dieser hohe Vorfertigungsgrad außerdem nur bei geschlossenen Elementen ohne Elementanschlüsse möglich wird, ist der Grad der Vorfertigung schon in der Konstruktionsbeziehungsweise Planungsphase festzulegen.

#### **6.4.2 Brettstapelwände mit kompl. Außenfassade**

Werden Brettstapelemente mit der kompletten Außenfassade im Werk gefertigt, erhöht sich das Transportvolumen auf das vierfache der unbedeckten Massivholzwand. Auch hier eine sehr differenzierte Kalkulation notwendig, ob und mit welchem hohen Vorfertigungsgrad Kosten eingespart werden können.



*Abbildung 6-11: Außenwand mit kompletter Fassade*

Dieser hohe Vorfertigungsgrad setzt ebenfalls eine klare Gliederung der Fassade voraus, denn viele Versprünge und Auskragen machen eine große Anzahl von Anschlüssen auf der Baustelle notwendig, so dass die Vorfertigung zu überdenken ist.

Vorgefertigte Elemente erfordern sichtbare Montagefugen, die von Planer und Bauherrn akzeptiert werden müssen.

Bei einer sehr weit vorangetriebenen Vorelementierung muss in jedem Fall sichergestellt sein, dass alle Anschlüsse trotzdem luft- und winddicht ausgeführt werden können. Um einen nachträglichen Mehraufwand zur Erzielung der Luft- und Winddichtigkeit zu vermeiden, ist hier ein besonderes Augenmerk schon bei Beginn der Planung und Ausführung auf Elementverbindungen zu legen, so dass ein normgerechtes Produkt entsteht.

Eine komplette Vorfertigung ist bei Elementen mit hohem Eigengewicht in jedem Fall sinnvoll, da hier die das Ladevolumen der Transportfahrzeuge nie ganz ausgeschöpft werden kann.

### **6.4.3 Dachelemente mit Sparren**



*Abbildung 6-12: Dachelemente mit Sparren*

Um das Gebäude schnell regendicht zu bekommen und somit weitgehendst witterungsunabhängig zu bleiben, werden Dachbauteile oft vorelementiert und komplett mit sämtlichen Einbauteilen zur Baustelle gebracht.

Hier gilt wie schon bei den vorgefertigten Brettstapelelementen, ebenfalls eine genaue Berechnung, ob die Vorfertigung nach Abgleich der Rahmenbedingungen noch wirtschaftlich sinnvoll ist.

#### **6.4.4 Fenstermontage im Werk**

Das Montieren der Fenster direkt in der Fertigung erspart Zeit beim Ausbau und der Schutz vor Schlagregen ist ebenfalls gleich bei der Montage gegeben.

Die witterungsunabhängige Montage in der Werkhalle ermöglicht ein kontinuierliches Arbeiten und die Montage Fenster kann schneller durchgeführt werden.

Durch die vormontierten Fenster in den Brettstapelwänden entfällt auch der Transport der über die Baustelle und das verteilen in den einzelnen Geschossen.

Zu berücksichtigen ist dabei jedoch, dass bedingt durch die eingebauten Fenster und Türen werden die Ausbautoleranzen bezüglich der Vertikale in die Rohbautoleranz übernommen. Außerdem muss der luftdichte Anschluss auf der Baustelle nachgearbeitet werden, da sich die Elemente während des Transports und der Montage verformen.

Um die Fenster während Transport und Montage vor Beschädigung und Glasbruch zu schützen muss ein erhöhter Aufwand betrieben werden, auch dieser Aspekt muss von Objekt zu Objekt jeweils neu geprüft und abgestimmt werden.

### **6.5 Reverse Engineering**

Da Gebäude während ihres Lebenszyklus mehrere Umbaumaßnahmen durchlaufen, ist bei Basys schon in Planung und Fertigung darauf geachtet worden, welche Materialien eingesetzt werden, und wie deren Wiederverwendung aussehen kann. Um eine möglichst große Wiederverwendung anzustreben, muss die Wahl der Verbindungsmittel für die einzelnen Schichten untereinander intensiv bedacht werden.

So dass es möglich wird Plattenmaterialien, die mit Klammern oder Nägeln befestigt wurden, problemlos wieder zu entfernen. Denn die mit einer sogenannten „Nichtlösbaren Verbindung“ verbundenen Materialien können nicht wiederverwendet werden und müssen daher entsorgt werden, was einem Rückbau gleichkommt, jedoch unterscheidet man auch bei diesen Materialien unter verschiedenen Recycling Stufen.

Eine Betrachtung der Nachrüstung des Gebäudetragerwerkes kann im Reverse Engineering nicht beachtet werden, da es fast unmöglich ist, das Brettstapeltragwerk in seiner Dimensionierung nachzurüsten. Da aber wie schon erwähnt, die tragenden Wände nicht entfernt werden können, wird hier nur die Änderung beziehungsweise der Rückbau der tragenden Wand in Betracht gezogen.

Da ein Verschieben von Innenwänden einem Abbruch gleichkommt, wird bei den Wänden nur ihr Rückbau betrachtet.

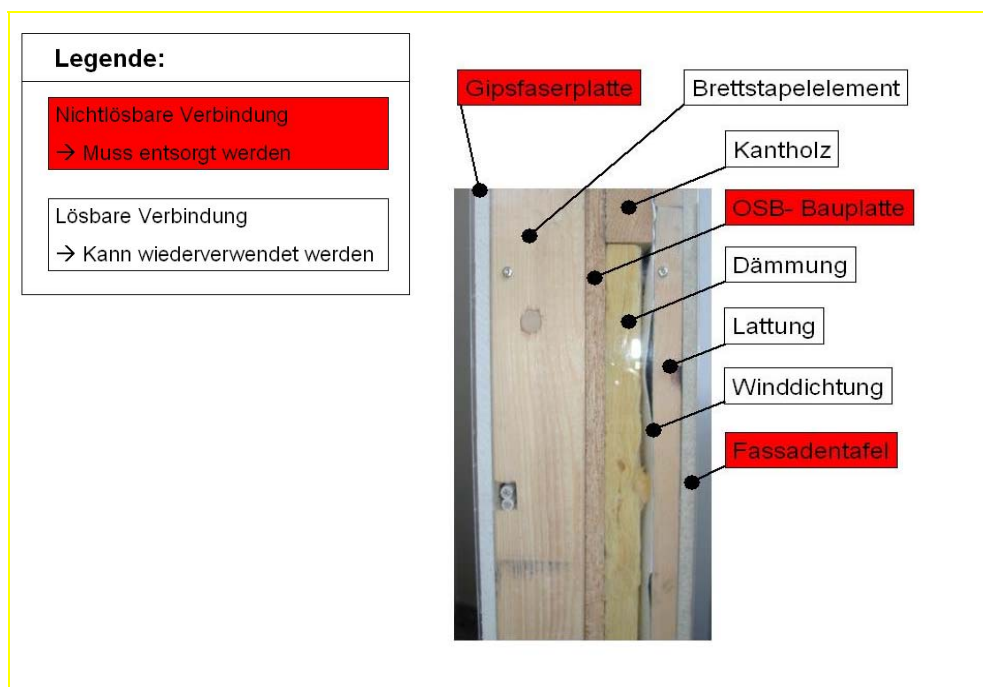


Abbildung 6-13: Schichtenaufbau einer Wand

Die im Zuge des Forschungsprojektes entwickelten Details zu Wand-, Decken- und Dachaufbauten wurden von der Firma Merkle eine spätere Wiederverwendung untersucht.

Die in den folgenden Seiten dargestellten Ergebnisse geben einen Überblick über die weitere Verwendungsmöglichkeit der eingesetzten Materialien.

| Bauteil                     | Schichten  | Altholz               | Wieder<br>verwertung | Bauschutt | Müll   | Bemerkungen         |
|-----------------------------|--|-----------------------|----------------------|-----------|--------|---------------------|
| <b>Außenwand<br/>AW 01a</b> | <b>Außenwand hor. Schalung</b><br>Gipskartonplatte Fermacellplatte<br>Brettstapel<br>OSB Platte<br>Wärmedämmung<br>Holzfaserplatte<br>Wind/ Feuchtigkeitsdichtung<br>Unterkonstruktion<br>Holzschalung | X<br>X<br>X<br>X<br>X | X<br>X               | X         |        | X wenn Mineralfaser |
| <b>AW 01b</b>               | <b>Außenwand vert. Schalung</b><br>Gipskartonplatte Fermacellplatte<br>Brettstapel<br>OSB-Platte<br>Wärmedämmung<br>Holzfaserplatte<br>Winddichtung<br>Unterkonstruktion<br>Holzschalung               | X<br>X<br>X<br>X<br>X | X<br>X               | X         |        | X wenn Mineralfaser |
| <b>AW 01c</b>               | <b>Außenwand Putz</b><br>Gipskarton Fermacell<br>Brettstapel<br>OSB-Platte<br>Wärmedämmung Zellulose<br>Unterkonstruktion<br>Winddichtung<br>Putzträgerplatte<br>Mineralische Außenputz                | X<br>X                | X<br>X               | X         |        |                     |
| <b>AW 03</b>                | <b>Außenwand Putz</b><br>Gipskarton Fermacell<br>Brettstapel<br>OSB-Platte<br>Wärmedämmung Mineralfaser<br>Außenputz mineralisch   | X<br>X                |                      | X         | X<br>X |                     |

| Bauteil           | Schichten  | Altholz     | Wieder<br>verwertung | Bauschutt | Müll   | Bemerkungen         |
|-------------------|--|-------------|----------------------|-----------|--------|---------------------|
| <b>Innenwände</b> |  |             |                      |           |        |                     |
| <b>IW 01</b>      | <b>Gebäudetrennwand BST</b><br>Gipskartonplatte<br>Brettstapel<br>Fermacellplatte<br>Minerlfaserdämmung                                | X           |                      | X         | X      |                     |
| <b>IW 03</b>      | <b>Innenwand BST, nicht aussteifend</b><br>Gipskarton Fermacell<br>Brettstapel<br>Lattung<br>Gipskarton Fermacell                      | X<br>X      |                      | X<br>X    |        |                     |
| <b>IW 04</b>      | <b>Innenwand BST, aussteifend</b><br>Gipskarton Fermacell<br>OSB-Platte<br>Brettstapel<br>OSB-Platte<br>Gipskarton Fermacell           | X<br>X<br>X |                      | X<br>X    |        |                     |
| <b>IW 05</b>      | <b>Innenwand HS nicht aussteifend</b><br>Gipskarton Fermacell<br>Holzständer<br>Dämmung<br>Gipskarton Fermacell                        | X           | X                    | X<br>X    |        | X wenn Mineralfaser |
| <b>IW 06</b>      | <b>Innenwand HS, aussteifend</b><br>Gipskarton Fermacell<br>OSB-Platte<br>Holzständer<br>Dämmung<br>OSB-Platte<br>Gipskarton Fermacell | X<br>X<br>X | X                    | X<br>X    |        | X wenn Mineralfaser |
| <b>Decken</b>     |  |             |                      |           |        |                     |
| <b>DE 03</b>      | Linoleum<br>Zementestrich<br>Trennlage<br>Trittschaldämmung<br>Trennlage<br>Brettstapel<br>Lattung<br>Gipskartonplatte                 | X<br>X      | X<br>X               | X<br>X    | X<br>X |                     |

| Bauteil                       | Schichten           |   |                      |           |      |             |  |
|-------------------------------|---------------------|---|----------------------|-----------|------|-------------|--|
|                               |                     | Altholz                                   | Wieder<br>verwertung | Bauschutt | Müll | Bemerkungen |  |
| <b>Dächer</b><br><b>DA 01</b> | <b>Dachterrasse</b> |   |                      |           |      |             |  |
|                               | Betonplatten        |   |                      | X         |      |             |  |
|                               | Ausgleichsschicht   |   |                      | X         |      |             |  |
|                               | Drainschicht        |   | X                    |           |      |             |  |
|                               | Gummigranulatmatte  |   |                      |           | X    |             |  |
|                               | Dichtung            |   |                      |           | X    |             |  |
|                               | Wärmedämmung        |   |                      |           | X    |             |  |
|                               | Bitumenschweißbahn  |   |                      |           | X    |             |  |
|                               | Dampfsperre         |   | X                    |           |      |             |  |
|                               | Brettstapel         | X   |                      |           |      |             |  |
|                               | <b>DA 03</b>        | <b>Geneigtes Sparrendach hinterlüftet</b> |                      |           |      |             |  |
|                               | Ziegeldeckung       |   |                      |           | X    |             |  |
|                               | Lattung             | X   |                      |           |      |             |  |
|                               | Sparren             | X   |                      |           |      |             |  |
| Holzfaserplatte               | X                   |   |                      |           |      |             |  |
| Wärmedämmung                  |                     |   | X                    |           | X    |             |  |
| Armierte Baupappe             |                     |   | X                    |           |      |             |  |
| Lattung                       | X                   |   |                      |           |      |             |  |
| Gipskartonplatte              |                     |   |                      | X         |      |             |  |

Abbildung 6-14: Untersuchung der Bauteilschichten auf Weiterverwendung

## 7 CAD – CAM- Kette Fertigung, Montage

Ein Ziel von Basys war eine durchgängige CAD – CAM Kette gemeinsam zu entwickeln. Eine durchgängige CAD – CAM Kette ermöglicht die Übernahme der Planerdaten auf die CAD - Anlage der Fertigung. Nach einer Plausibilitätskontrolle durch einen Mitarbeiter der Fa. Merkle in der Abteilung Arbeitsvorbereitung können diese Daten dann auf die CNC – Anlage übertragen werden.



Die von der Fa. Merkle eingesetzte CAD Software der Firma Dietrichs hat Ihren Ursprung im Holzrahmenbau. Zu Beginn des Forschungsprojektes wurde davon ausgegangen, dass mit dem Holzrahmenbauprogramm der Firma Dietrichs die Erstellung von Brettstapelwänden durch das Zusammenschieben der in der Holzrahmenbauweise üblichen Wandstile möglich ist.

Nach vielen Versuchen zeigte sich jedoch, dass die Software dazu nicht so ohne weiteres in der Lage ist. Auch sind die für die Bearbeitung von Massivholzelementen typischen gekrümmten Fräsungen nicht gängig.

Das CAD – Programm der Fa. Dietrichs wird aber benötigt, um eine WUP Datei zu erzeugen, die notwendig ist, die Multifunktionsbrücke anzusteuern. (WUP, proprietäres Format Fa. Weinmann und Partner Hersteller der Multifunktionsbrücke)

Beim jetzigen Stand der Dietrichssoftware war es nicht möglich, dass eine von den Planern in AutoCAD erstellte Zeichnung so in die Holzbausoftware Dietrichs eingelesen werden konnte, dass alle Öffnungen und Schnitte so wie in AutoCAD gezeichnet, übernommen wurden. Eine Programmierung einer solchen Schnittstelle von AutoCAD zu der Holzbausoftware Dietrichs ist nur über die Herstellerfirma Dietrichs AG möglich. Nach mehreren Treffen auf denen die Anforderungen an eine solche Schnittstelle festgelegt wurden, hat sich Seitens der Fa. Dietrichs AG herausgestellt, dass die Programmierung einer solchen Schnittstelle in der dann noch verbleibenden Zeit nicht zu schaffen ist.

Aufgrund dieser Tatsachen, wurde vom Projektpartner Ifib eine Schnittstelle zur direkten Ansteuerung der Multifunktionsbrücke aus AutoCAD heraus programmiert. Diese Schnittstelle erstellt nun aus der AutoCAD Zeichnung eine WUP Datei und mit dieser kann dann die Multifunktionsbrücke angesteuert werden.

Die Firma Dietrichs hat die Anforderungen an eine solche Schnittstelle zur Kenntnis genommen und wird im Laufe des Jahres 2003 ihre Software diesen Anforderungen angepasst haben.

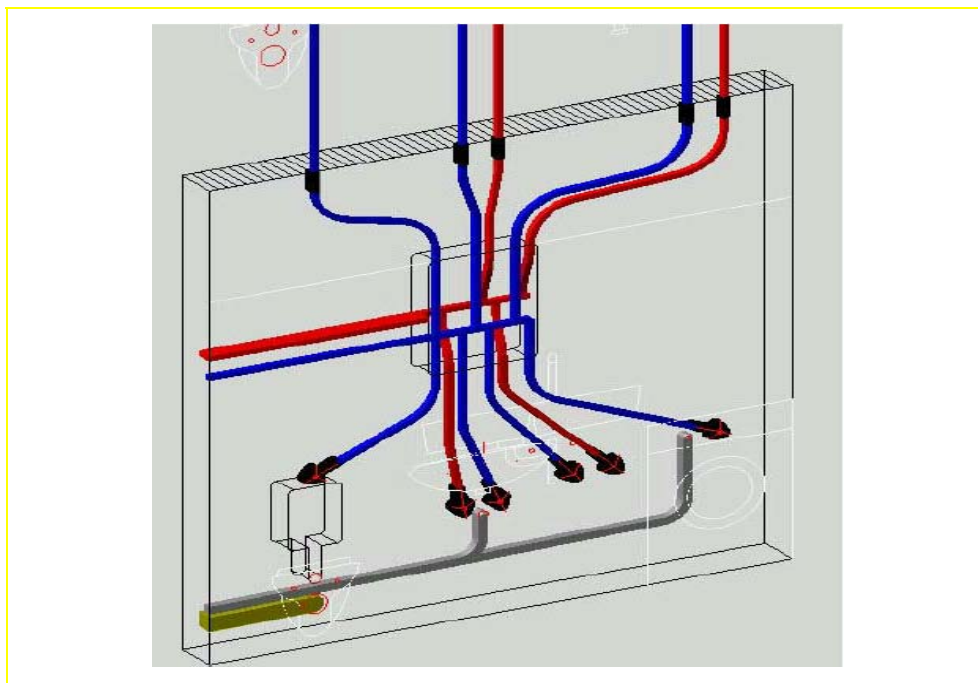


Abbildung 7-1: in AutoCAD modellierte Sanitärverteilungen (Ifib)

Eine vollständige CAD –CAM Kette setzt voraus, dass der Planer und die ausführende Firma bereits in der Planungsphase eng zusammenarbeiten, so dass die firmenspezifischen gemeinsam erarbeiteten Anschlussdetails gleich berücksichtigt werden können. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden umfangreiche Detaillösungen mit den Planern, den Haustechnikern und der Fertigung entwickelt, in denen die Interessen aller Beteiligten berücksichtigt wurden, so dass schon im Vorfeld weitgehend alle Fehlerpotentiale eingedämmt wurden.

Die Integration der Haustechnik bereits im Werk, setzt allerdings voraus, dass die Planung bei der Übergabe der Daten an die Fertigung abgeschlossen ist. Dadurch ist eine baubegleitende Planung, wie sie bisher oft der Fall ist, nicht mehr möglich. Sind doch Änderungen gewünscht, so können diese nur mit einem erhöhtem Aufwand durchgeführt werden.

## **7.1 Betriebsablauf durch die CAD –CNC Kette**

Durch die im Basys- Forschungsprojekt entwickelte durchgängige CAD – CNC Kette ergeben sich Veränderungen im Fertigungs- und im Montageablauf, sowie beim Ausbau. So dauert die Fertigung aufgrund neuer Bearbeitungsschritte länger, diese Zeit kann jedoch durch eine verkürzte Ausbauphase wieder wettgemacht werden.

### **7.1.1 Auswirkungen auf den Fertigungsablauf:**

Die CAD – CNC Kette hat mehrere Auswirkungen auf den Fertigungsablauf.

Die aus der HLS Planung übernommenen Installationsverteilungen werden mit Hilfe der Multifunktionsbrücke eingefräst.

Die Bearbeitungszeit für eine Installationsverteilung mit einem Meter Länge und einer Breite von 20 Millimeter dauert circa drei Minuten. Die Bearbeitungszeit für eine Modellwand liegt nach heutigem Stand der Entwicklung bei über 70 Minuten.

Die Bearbeitungszeit mit der Multifunktionsbrücke durch zusätzliche Maßnahmen verkürzt werden. Bei Verwendung von mehreren Fräsern mit verschiedenen Durchmessern kann die gewünschte Breite in einem Arbeitsgang gefräst werden, damit lässt sich die Bearbeitungszeit erheblich verkürzen.

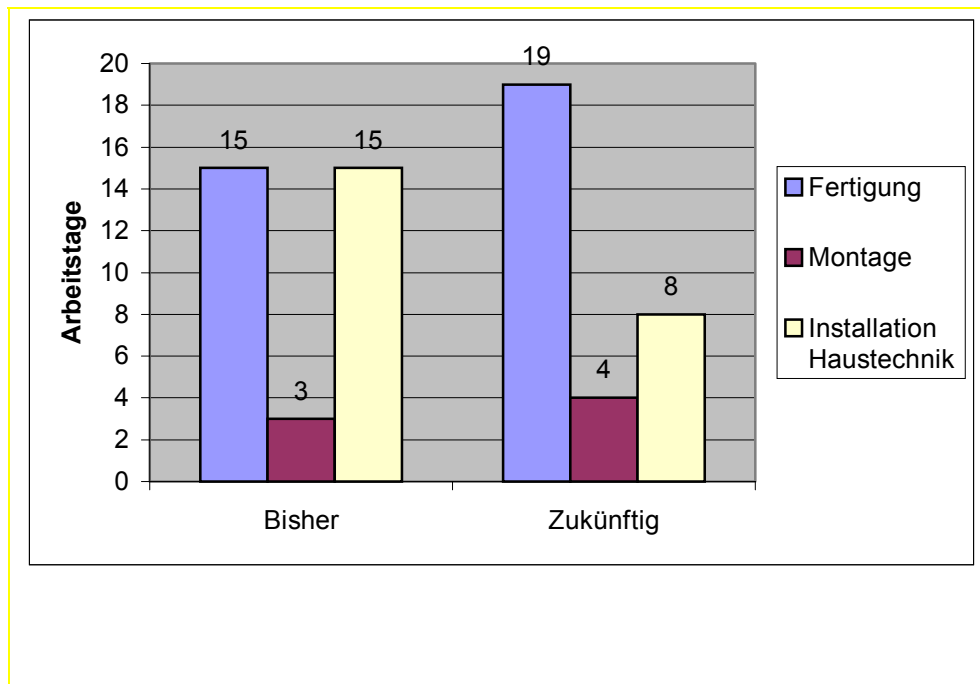


Abbildung 7-2: Darstellung der Zeiteinsparung bei durchgängiger CAD-CNC - Kette

### 7.1.2 Auswirkungen auf den Montageablauf

Massivholzelemente mit integrierter Haustechnik werden in der gleichen Art und Weise montiert. Während der Montage erfordert die Verbindung der Haustechnikverteilungen ein mehr an Zeit. Diese Zeit kann sich beim Einsatz von noch zu entwickelnden Multifunktionalen Schnellverbindern für Wand und Deckenelemente verkürzt werden. Diese Schnellverbinder mit integrierten Haustechnik-Verbindern für Heizung, Elektro und eventuell Sanitär sollten unter den BASYS-Leitbildern entwickelt und angepasst werden.

### 7.1.3 Auswirkungen auf den Ausbauablauf

Die integrierte Haustechnik verringert die Dauer des Ausbau erheblich. Die bauseitige Bearbeitung der Massivholzwände zum Verlegen der Haustechnik durch die HLSE Gewerke, ist nicht mehr notwendig, da diese komplett im Werk eingelegt wird. Diese Zeiteinsparung gleicht die längere Bearbeitung in der Fertigung wieder aus, und die Haustechnikelemente sind präzise nach Plan verlegt, so dass ein Wiederfinden bei späteren Umbaumaßnahmen ohne weiteres möglich ist.

Einen weiteren Einfluss hat die Integration der Haustechnik auf die Trockenbaugewerke, so ist es nicht mehr notwendig eine Installationsebene zur Aufnahme der Haustechnik auszuführen. Der Entfall der Installationsebene bewirkt eine große Material- und Zeiteinsparung. Durch die Verlagerung der Installationen in die Wand wird auch ein Raumgewinn erzielt.

## **7.2 Fertigung**

Die Herstellung der Brettstapelwände erfolgt auf einer für den Holzhausbau entwickelten CNC - Produktionsanlage. Nach der Ausgabe der Daten von AutoCAD über die Schnittstelle in eine WUP Datei, werden die auf den Brettstapelanlagen hergestellten Rohelemente mit einer Multifunktionsbrücke bearbeitet.

### **7.2.1 Bearbeitung der BST – Elemente**

Die Bearbeitung der Brettstapelelemente erfolgt mit einer Multifunktionsbrücke. Diese Multifunktionsbrücke ist mit verschiedenen Werkzeugen bestückt, die je nach programmiertem Vorgang aus dem Werkzeugwechsler abgerufen werden können.



Abbildung 7-3: CNC – Nagelbrücke mit Leitstand

Für die jeweiligen Produktionsabläufe kann das dafür passende Werkzeug eingesetzt werden. Nach dem Auflegen des Rohelementes auf den fahrbaren Wendetischen, kann die Multifunktionsbrücke mit der Bearbeitung beginnen.

Die Abläufe der Bearbeitungsvorgänge und ihre Abfolge kann je nach Wirtschaftlichkeiten durch den Bediener erfolgen, dies hat keinen Einfluss auf die Programmierung. Zu den verschiedenen Bearbeitungsarten stehen folgende Werkzeuge zur Verfügung:

- Sägeaggregat für passgenauen Zuschnitt der Elemente
- Fräsaggregat zur Herstellung der Schlitze zur verdeckten Leitungsführung
- Zweites Fräsaggregat mit kleinem Fräswerkzeug
- Bohraggregat mit Ausreiber zur Bohrung der Elementverbindungen
- Plattenauflegvorrichtung zur selbständigen Elementbeplankung
- Nagelgerät für Streifennägel
- Nagelgerät zur Klammerverbindung



Abbildung 7-4: einfräsen von Leitungskanälen

Die Multifunktionsbrücke hat in ihrem Werkzeugmagazin die Möglichkeit auf insgesamt 15 verschiedene Werkzeuge zurückzugreifen. Dies bedarf nur eines geringen Programmieraufwandes. Die oben benannten Werkzeuge sind jedoch die gebräuchlichsten. Eine Kurzerläuterung eines Fertigungsablaufes wie folgt:

- Die Brettstapelrohelemente werden auf den Bearbeitungstischen abgelegt und die Multifunktionsbrücke schneidet die Elemente auf die gewünschte Breite zu.
- In einem weiteren Schritt werden die Verteilungen für Sanitär, Heizung und Elektro nach den Planvorgaben des Architekten eingefräst. Die Dauer dieser Fräsungen ist stark abhängig von der Anzahl der Fräsungen und der Krümmungen.
- Diese Bearbeitungsdauer könnte durch weitere Optimierung, wie den differenzierten Einsatz von Fräsköpfen sowie die maschinenseitige Optimierung der Software mehr als halbiert werden.

- In die eingefrästen Verteilungen werden die Leerrohre für die Elektro und Sanitärinstallation eingelegt.
- Die eingelegten Leitungen werden dann mit einer Holzwerkstoffplatte bekleidet.
- Befestigung der Platten mit Hilfe des Nagelgerätes auf dem Brettstapel
- Ausfräsen von Öffnungen für Steckdosen und Abflussrohre
- Ablegen der Elemente in einem Verladedock

Die Bearbeitung der Brettstapelelemente erfolgt von einer Seite aus. Diese Art der Bearbeitung hat den Vorteil, dass das zeitintensive Tischwendemanöver und erneutes Justieren der Elemente auf den Bearbeitungstischen entfällt.

Bei einer Bearbeitung der auf der Sichtseite der Elemente ist es möglich die Ausfräsungen in Sichtqualität herzustellen.



## 7.2.2 Einbau von Sanitärverteilungen

Nach der Bearbeitung der Brettstapelelemente durch die CNC –Bearbeitungsbrücke, werden nun die Verteilungen für die Sanitär- und Elektroinstallation eingebaut. Der Einbau der Leerrohre und der Rohr in Rohr Systeme für die Wasserversorgung erfolgt manuell.

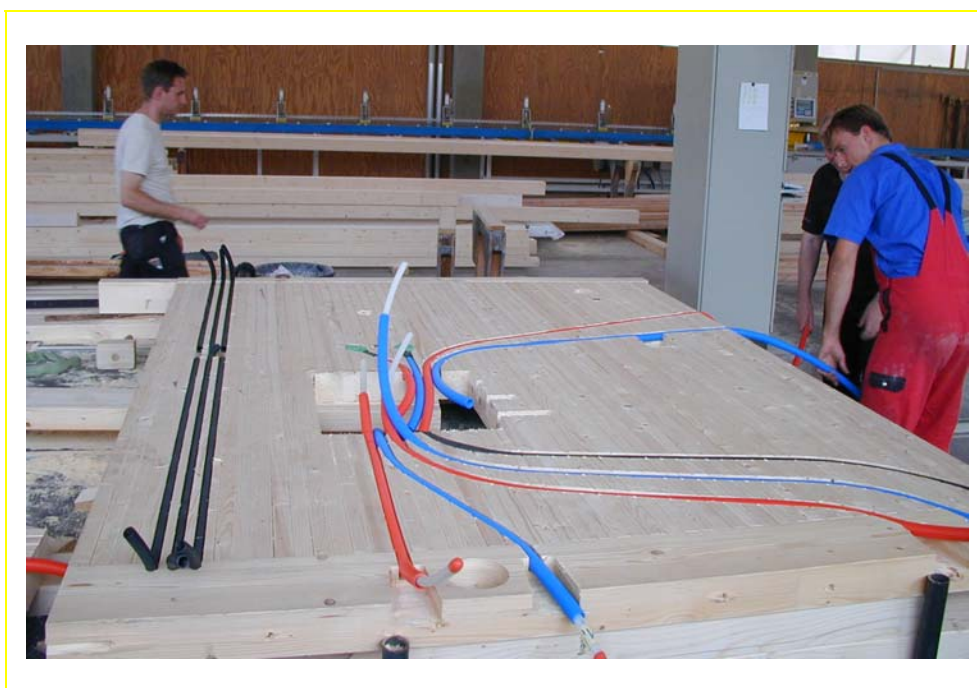


Abbildung 7-5: einlegen von Leerverrohrungen in eine Brettstapelwand

Der Einbau erfolgt in die dafür vorbereiteten Frässchlitz, die je nach Leitungsdurchmesser und Leitungsanzahl hergestellt wurden. Bei dem Einlegen der Verrohrung ist darauf zu achten, dass die Radien im Bereich der Ecken so ausgeführt werden, dass weder das Leerrohr Schaden nimmt, noch ein späteres Einziehen von Leitungen Schwierigkeiten nach sich zieht.

Zum Erzielen eines innovativen Fortschritts, wird versucht die notwendigen Fräsungen nicht als Hohlraum für die aufzunehmende Haustechnik zu verstehen, sondern es soll gleichzeitig noch die Funktion der Befestigung durch eine Passfräsung gewährleistet werden.

Bei der Leitungs- beziehungsweise Leerrohrführung ist auch darauf zu achten, dass die Dichte der Verrohrung keinen Einfluss auf die Standsicherheit nimmt. Nach der kompletten Installation werden die Leitungen mit einer Holzwerkstoffplatte abgedeckt, die zugleich auch als aussteifende Schicht für das Wandelement dient. Die Holzwerkstoffplatte wird mittels mechanischen Befestigungsmitteln auf dem Brettstapelelement fixiert.



*Abbildung 7-6: einfräsen von Öffnungen in bekleidetes Element*

Um sicherzustellen, dass die Leitungsführung nicht durch die Befestigungsklammern Schaden nimmt, werden diese der CNC- Anlage als Sperrflächen vorgegeben und schon im Rahmen der Programmierung als Fehlerquelle ausgeschaltet.

Auf dem bekleideten Element wird die Lage der Installationen mit einer Reißnadel markiert, um Beschädigungen der Installationen durch Nachgewerke auf der Baustelle zu verhindern.



Abbildung 7-7: Rück- Sichtseite eines komplett bekleideten Elementes



Abbildung 7-8: Fertig montiertes Modell

## 8 Logistik und Montage

### 8.1 Logistik

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden bei der Firma Merkle die Abläufe für den Transport zur Baustelle und die Baustellenabläufe dokumentiert. Um diesbezüglich eine schlüssige Lösung herbeizuführen wird ein Baustelleneinrichtungsplan erstellt, in dem die Baustellenverhältnisse zur Andienung abgeklärt und festgelegt sind.

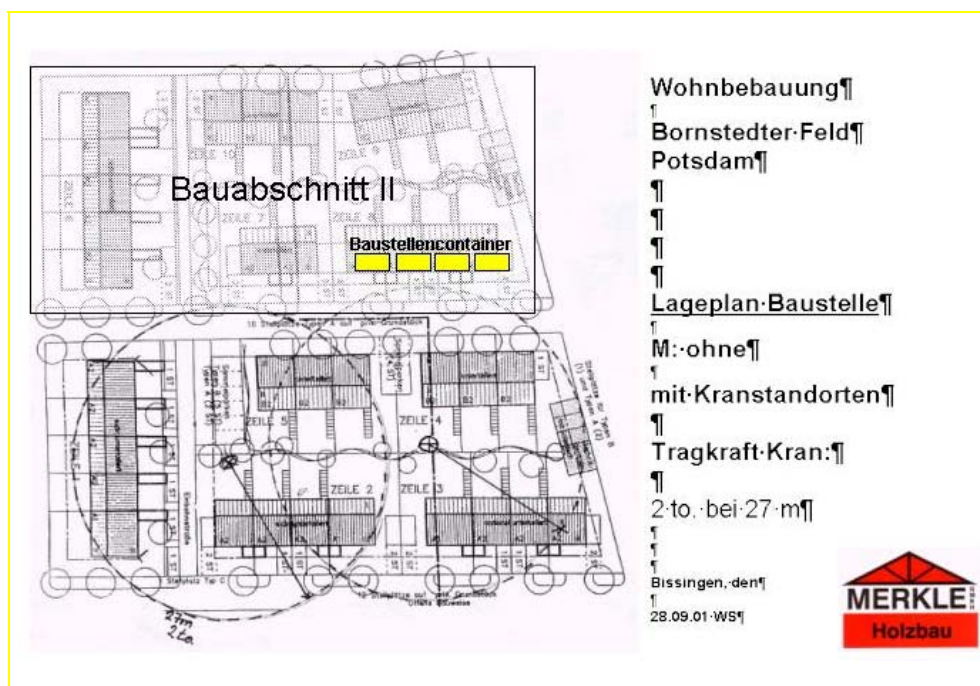


Abbildung 8-1: Lageplan Bornstedter Feld mit Kranstandorten

| <u>Transportablaufplan</u>  |             |             |            |            |          |                        |                               |
|-----------------------------|-------------|-------------|------------|------------|----------|------------------------|-------------------------------|
| KW: 36                      |             |             |            |            |          |                        |                               |
| Bauvorhaben                 | Spediteur   | Verlade-Tag | Liefer-Tag | Entladeart |          | Entladezeit in Stunden | Q-Überwachung der Anlieferung |
|                             |             |             |            | Autokran   | Bst Kran |                        |                               |
| GSW Berlin Potsdam          | Fischer     | Fr. 16.00   | Mo. 7.00   |            | X        | 4                      | Baunack                       |
| Garage Martin, Notzingen    | Abholung    | Di. 17.00   | -          | -          | -        | -                      | -                             |
| Holzhaus Klute              | Schach      | Mo. 14.00   | Di. 7.00   | X          |          | 2                      | Frenzel                       |
| Meckes-Ottawa               | Schach      | Di. 16.00   | Mi. 7.00   |            | X        | 1,5                    | Armin                         |
| Gemeindehaus Plochingen     | eigener LKW | Mi. 7.00    | Mi. 13.00  | X          |          | 1                      | Beiderbeck                    |
| Garpsen                     | Fischer     | Mi. 14.00   | Do. 7.30   |            | X        | 2,5                    | Auftraggeber                  |
| Holzhaus Schink, Massivholz | Fischer     | Di. 10.00   | Di. 13.00  | X          |          | 1,5                    | Manx                          |
| Lohnabbund Hepperle         | eigener LKW | Do. 17.00   | Fr. 7.00   |            | X        | 1                      | Auftraggeber                  |

| <u>Baustellenablaufplan in Werktagen</u> |                  |                        |             |                |         |       |          |              |          |
|--|------------------|------------------------|-------------|----------------|---------|-------|----------|--------------|----------|
| KW: 36                                   |                  |                        |             |                |         |       |          |              |          |
| Bauvorhaben                              | Baustellenart    | Baustellen-einrichtung | Vor-montage | Herstellen UVV | Montage |       |          |              |          |
|  |                  |                        |             |                | Wand EG | Decke | Wände OG | Dachtragwerk | Dachhaut |
| GSW Berlin Potsdam                       | Holzhäuser       | 5                      | 20          | 1t pro Haus    | 4       | 1     | 4        | 1            | 2        |
| Garage Martin                            | Kleingewerbe     | 1                      | 2           | 1              |         |       |          | 1            | 2        |
| Holzhaus Plezhausen, Klute               | EFH MH           | 1                      | 3           | 1              | 4       | 1     | 3        | 1            | 2        |
| Waldorfschule Kirchheim                  | Zimmererarbeiten | 2                      | 5           | 1              |         |       |          | 3            | 5        |
| Spielhaus Nürtingen                      | Ing. Bau         | 1                      | 4           | 1              |         |       |          | 4            | 6        |

Abbildung 8-2: Muster Logistik und Bauablaufpläne

| Einteilung Baustellen |            |                                     | KW: 37                              |                               |                               |                               |
|-----------------------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                       | Poliere    | Montag                              | Dienstag                            | Mittwoch                      | Donnerstag                    | Freitag                       |
|                       |            | Bauvorhaben<br>Mitarbeiter          | Bauvorhaben<br>Mitarbeiter          | Bauvorhaben<br>Mitarbeiter    | Bauvorhaben<br>Mitarbeiter    | Bauvorhaben<br>Mitarbeiter    |
| 1.                    | Baunack    | Potsdam<br>Jens, Michael            | Potsdam<br>Jens, Michael            | Potsdam<br>Jens, Michael      | Potsdam<br>Jens, Michael      | Potsdam<br>Jens, Michael      |
| 2.                    | Armin      | Holder<br>Renz                      | Holder<br>Renz                      | Waldorfschule<br>Renz, Belz   | Waldorfschule<br>Renz, Belz   | Waldorfschule<br>Renz, Belz   |
| 3.                    | Funk       | Thaller Plochingen<br>Skender       | Thaller Plochingen<br>Skender       | Thaller Plochingen<br>Skender | Restarbeiten Walch<br>Skender | Restarbeiten Walch<br>Skender |
| 4.                    | Beiderbeck | Tanzschule<br>Renschi, Nikita, Belz | Tanzschule<br>Renschi, Nikita, Belz | Tanzschule<br>Renschi, Nikita | Tanzschule<br>Renschi, Nikita | Tanzschule<br>Renschi, Nikita |
| 5.                    | Grüning    | Schweizer Leonbg.<br>Falk           | Schweizer Leonbg.<br>Falk           | Schweizer Leonbg.<br>Falk     | Schweizer Leonbg.<br>Falk     | Plochingen<br>Falk            |
| 6.                    | Andes      | Rengoldshausen<br>Jochen            | Rengoldshausen<br>Jochen            | Rengoldshausen<br>Jochen      | Rengoldshausen<br>Jochen      | Rengoldshausen<br>Jochen      |
| 7.                    | Gani       | Vaihingen<br>Braun                  | Vaihingen<br>Braun                  | Vaihingen<br>Braun            | Vaihingen<br>Braun            | Vaihingen<br>Braun            |

Abbildung 8-3: Muster Einteilung der Monteurguppen

## 8.2 Montage der vorgefertigten Elemente

Die Montage der vorgefertigten Elemente erfolgt, resultierend aus Ihrem Eigengewicht immer mit schwerem Hebezeug (Autokran), bei größeren Bauvorhaben werden Hochbaukrane eingesetzt. Bei der Montage der Massivholzelemente sollten möglichst Schäden durch Feuchtigkeit vermieden werden.

Eine fachgerecht und zügige Montage läuft wie folgt ab:

Als erster Arbeitsgang wird auf die Betonplatte beziehungsweise Kellerdecke ein Montageschwellenkranz mit der Kontur der Gebäudewände aufgebracht und mit Hilfe eines Lasers ausnivelliert. Schon in diesem Stadium kann exakt festgestellt werden ob die Vorleistung der Planung entspricht.



Abbildung 8-4: Montage von Brettstapelwänden

Danach werden die Wände auf dem Schwellenkranz eingefädelt und im Bereich der überstehenden Bauplatte befestigt. An den Eckverbindungen und Wandanschlüssen werden Schlüsselschrauben eingedreht und wenn vorhanden auch die überstehenden Bauplatten befestigt. Als nächster Arbeitsgang werden nun die Deckenelemente aufgelegt und mit der Wandrähm verschraubt, dabei ist sehr intensiv darauf zu achten, dass die eingelegten Leerrohre keinen Schaden nehmen.

Auf die montierten Deckenteile wird danach sofort eine Schutzfolie aufgebracht, die das Produkt vor Feuchtigkeit und vor dem einsickern von Bauschmutz der Folgegewerke in die Bohlenfugen schützen soll. Die Baufolie wird nach dem Ausbau und vor der Estrichmontage gereinigt und als Trennlage hergenommen.

Auf die Deckenteile wird nun wieder ein Montagekranz aufgelegt und gemäß den bereits beschriebenen Punkte das nächste Geschoss montiert. Nach diesem Vorgang wird nun der im Montagezustand offengebliebene Deckenspiegel mit dem selben Fassadenaufbau wie die Wandfläche geschlossen, dabei ist unbedingt auf die Luftdichtigkeit zu achten.

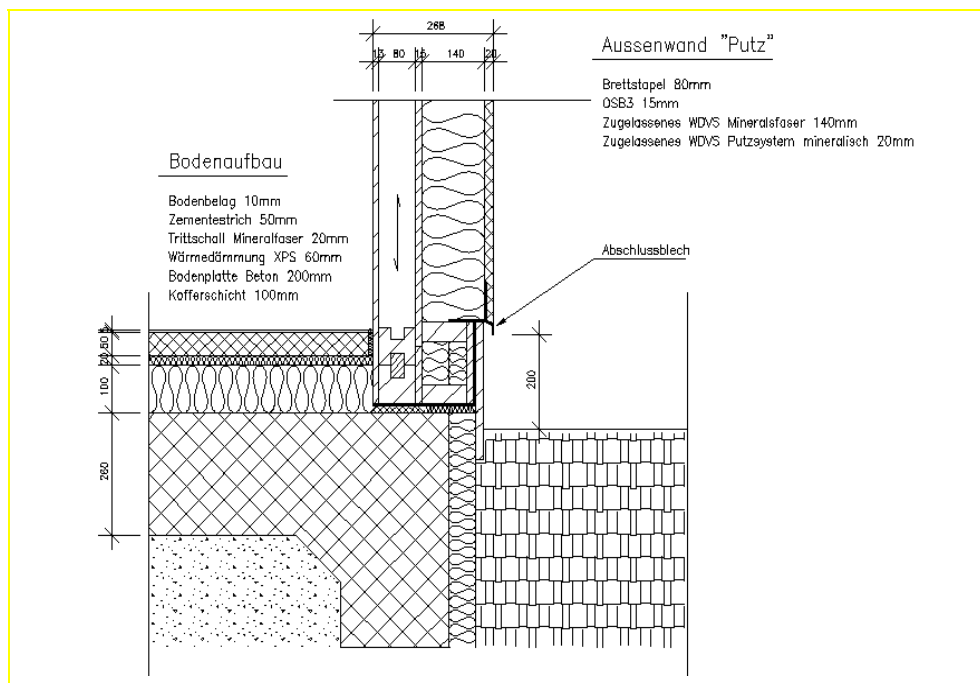


Abbildung 8-5: Sockelbereich Wand

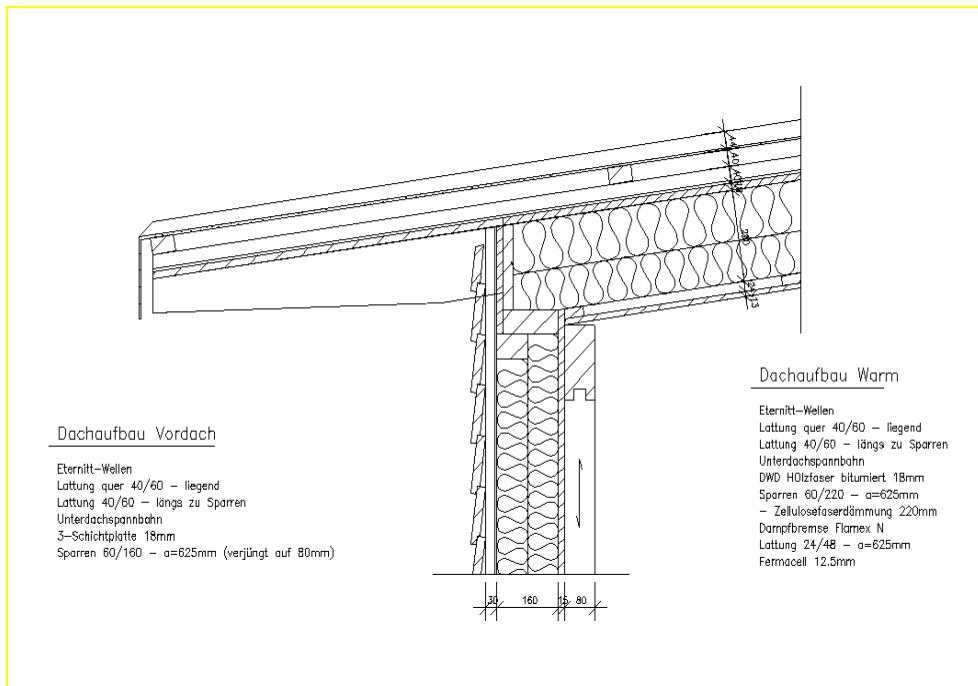


Abbildung 8-6: Kopfbereich Wand mit Anbindung an Dachtragwerk

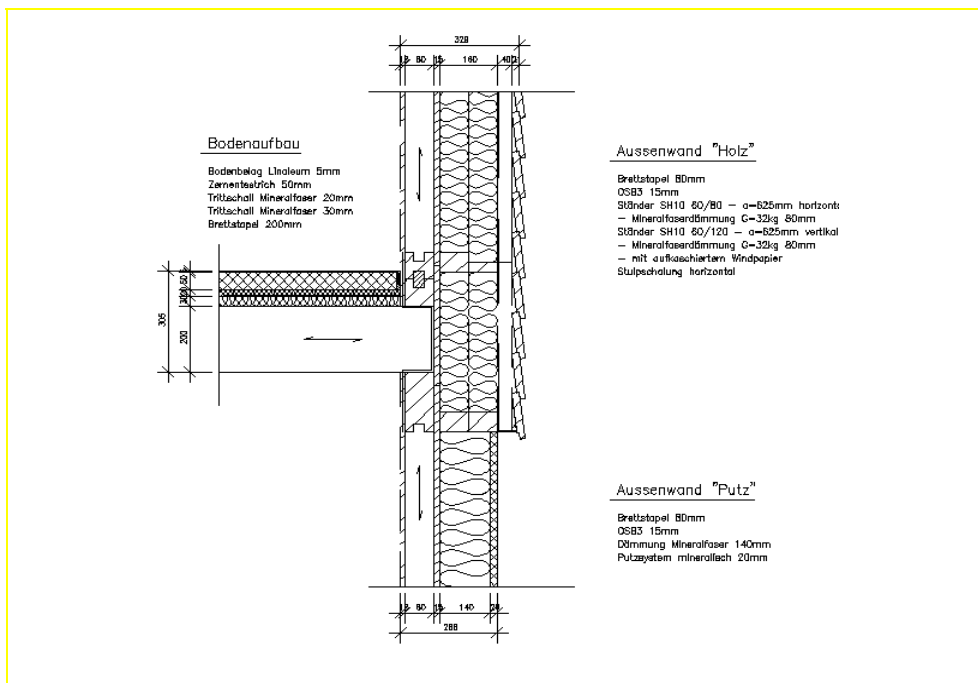


Abbildung 8-7: Deckenspiegel zwischen zwei Geschossen



### **8.2.1 Möglichkeiten zum Schutz vor Witterungseinflüssen**

Um die Massivholzhäuser während der Montage und im Rohbauzustand vor Witterungseinflüssen zu schützen, sind diverse Schutzmaßnahmen erforderlich.

Diese sind notwendig um die Holzkonstruktionen vor eindringender Nässe und Feuchtigkeit zu schützen, um dadurch die Massivholzelemente vor Schaden zu bewahren.

Der einfachste Schutz ist, dass bei der Montage trockene Witterung herrscht, denn die Elemente während der Montage vor Regen zu schützen ist nur mit einem Aufwand möglich der mit Kosten verbunden ist. Falls es jedoch aus Witterungsgründen nötig, wird und eine begonnene Montage fortgeführt werden muss gibt es einfache und sehr effektive Maßnahmen.

Über die bereits erstellten Wandelemente werden mit einer PE-Folie überhängt, die auf beiden Seiten etwa einen Meter herabhängt, somit wird dem Oberflächenwasser keine Möglichkeit gelassen in den Wandaufbau beziehungsweise in das Massivholzbauteil einzudringen, jegliche Restfeuchte die entstehen kann ist unproblematisch und kann bei Brettstapelelementen vernachlässigt werden.

Nach dem Auflegen der Deckenelemente werden diese vollflächig mit einer 0,4 Millimeter starken PE- Bahn großflächig abgedeckt und die Stöße zusätzlich durch verkleben abgedichtet. Diese Folie bleibt über die gesamte Bauphase und auch im fertigen Zustand im Gebäude. Die Abdeckung über den Wänden wird sofort nach der Montage des Daches wieder entfernt und der Wiederverwendung zugeführt.

### 8.2.1.1 Einhausung der Baustelle

Die Einhausung der Baustelle mit einem Gerüstdach ist nur sehr aufwendig zu realisieren, da die Gebäudemontage zu schnell vor sich geht. Außerdem wird die Montage durch das Gerüstdach erschwert, dass es den Baufortschritt behindern würde. Auch ist die Montage der Einhausung fast der selbe Aufwand wie die Montage des Massivholzhauses.

Somit wird eine solche Maßnahme nur dann ihren Ansatz finden wenn sich unter dem zu erstellenden Massivholzgeschoss bereits ein Bauwerk befindet, das schon bewohnt ist oder durch seine Bestandssubstanz sehr schätzenswert ist. Ansonsten wird auf die Maßnahme aus Kostengründen in meisten Fällen verzichtet.

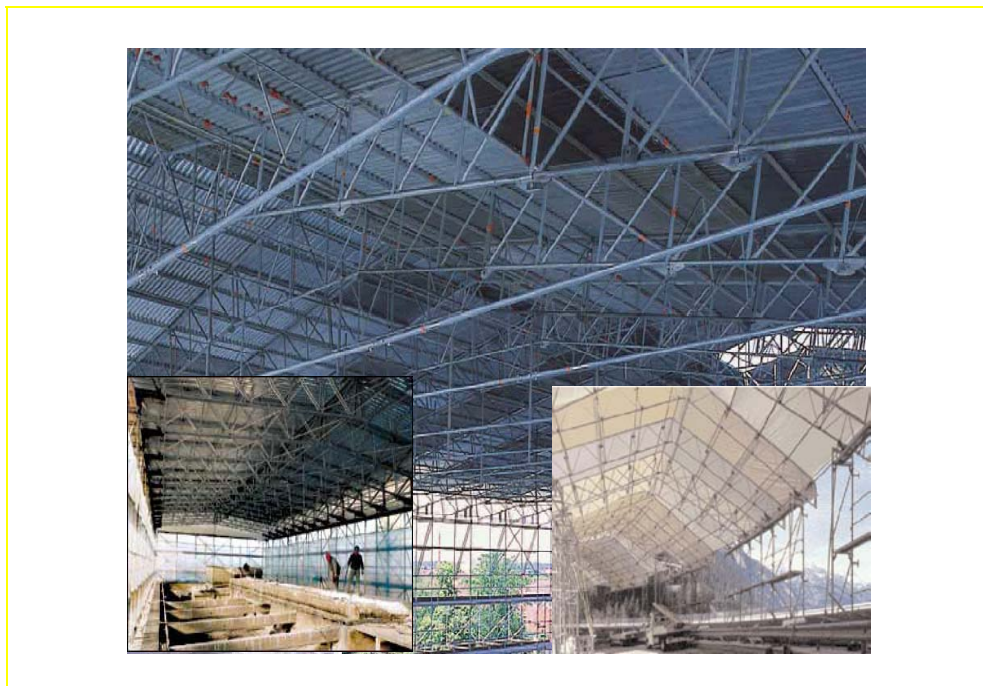


Abbildung 8-8: *verschiedene Einhausungsvarianten ( Fa. Hünnebeck, Fa. Layher)*

### **8.2.1.2 Witterungsschutz für Brettstapeldecken**

Da jedes Massivholz bei starkem Einwirken von Feuchte aufquillt und sich dadurch in der Breite ausdehnt, ist der Witterungsschutz für Massivholzdecken sehr zu beachten und darf in keinem Fall vernachlässigt werden.

Ist in der Planungsphase bereits klar, dass die Massivholzdecke längere Zeit der Witterung ausgesetzt ist, so wird sie bereits im Werk mit einer Dauerhaften Abdichtung versehen. Diese Schweißbahn wird dann an der Baustelle im Bereich der Montagefugen ergänzt, so dass eine hochwertige Abdichtung gewährleistet ist.

Für diese Maßnahme ist es ratsam eine Bahn mit Dampfsperrcharakter zu verwenden, da dieses Produkt im Gebäude bleibt und zusätzlich noch einige vorteilhafte Eigenschaften mit sich bringt.

Dies sind zum Beispiel:

- eine Schweißbahn verbessert den Schallwert einer Decke um ca. 2 dB
- die Schweißbahn kann für den Deckenaufbau zum erhöhten Schallschutz herangezogen werden
- die Schweißbahn dient als Rieselschutz über die Bauphase

Wird die Brettstapeldecke nur kurzfristig der Witterung ausgesetzt, so wird die Oberseite mit einer PE-Folie vor Witterungseinflüssen geschützt. Dies die einfachste und kostengünstigste Möglichkeit die Brettstapeldecke zu schützen. Die PE- Folie hat jedoch nicht die Qualitäten einer Schweißbahn, jedoch erfüllt sie einen ähnlichen Zweck, so dass sie genauso als Rieselschutz dient und auch als Baustoff für den Estrichunterbau im Gebäude verbleibt.

### **8.2.1.3 Schutz der Baustelle vor Schlagregen**

Um Massivholzgebäude während und nach der Montage im Bereich der Tür- und Fensteröffnungen vor Schlagregen und Witterungseinflüssen zu sichern, wird bereits in der Fertigung werkseitig eine PE- Folie eingebaut, die bis zur Fenstermontage als Notverglasung installiert bleibt, und erst bei der Fenstermontage Zug um Zug entfernt wird.

Falls eine werkseitige Fenstermontage vorgesehen ist, erübrigt sich der Aufwand bis auf die bodenstehenden Türelemente.

## **9      Digitales Ausbildungssystem**

Das im Rahmen des Forschungsprojektes erstellte Ausbildungssystem für Mitarbeiter in BASYS- typischen Montageabläufen, wurde speziell auf die technischen Mitarbeiter der Firma Merkle zugeschnitten. Dieses Ausbildungssystem befindet sich in vollem Umfang auf beiliegender CD.

Mit diesem digitalen Ausbildungssystem sollen den Mitarbeitern speziell die aus dem BASYS- Forschungsprojekt gewonnenen Erkenntnisse visuell zugänglich gemacht werden. So werden Schwerpunkte auf die CAD-CAM gesteuerte Fertigung gelegt. Die BASYS- typischen Wand und Deckendetails werden im Kapitel Montage dargestellt.

Bei der Entwicklung des Ausbildungssystems wurde darauf Wert gelegt, dass die Mitarbeiter die Aussagen der einzelnen Themen möglichst ohne viel Texte verstehen. Der Text wurde in einem für alle Mitarbeiter verständlichen Spracheniveau abgefasst.

Ziel des Ausbildungssystem für Mitarbeiter in BASYS- typischen Montageabläufen ist die ständige Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter. Mit Hilfe der modernen Medien lässt sich dieses Ausbildungssystem ständig an die geänderten Anforderungen des Betriebes anpassen. Die Bedienung mit dem Computer erfordert nur geringe Computerkenntnisse, so dass es allen Mitarbeitern möglich sein wird sich dieser Informationen zu bedienen.



Abbildung 9-1: Titelseite Ausbildungssystem

## 9.1 Inhalte des Ausbildungssystems

Das Hauptaugenmerk wurde auf die Punkte Fertigung, Montage, Pflege- und Instandhaltung sowie Bauphysik gelegt. Um allen Mitarbeitern klar zu machen welche Schritte notwendig sind bis mit der Fertigung begonnen werden kann, werden noch kurz die Themen Arbeitsvorbereitung und Logistik erklärt.

## 9.1.1 Fertigung

Im Kapitel Fertigung werden die verschiedenen Fertigungsbereiche erklärt. So wird auf die Herstellung der Brettstapelelemente eingegangen, so wie auf die maximal produzierbaren Elementabmessungen.

Bei der Fertigung der Wände werden die neuen Erkenntnisse aus dem BASYS-Forschungsprojekt beschrieben. So wird Bearbeitung der Massivholzwände mit der Multifunktionsbrücke beschrieben.

Dabei wird auch beschrieben, was besonders beachtet werden muss. Wie zum Beispiel das richtige Ablegen der Elemente auf den Bearbeitungstischen. Auf was beim Verlegen der Haustechnikinstallationen zu achten ist, wird ebenfalls beschrieben. Am Schluss des Kapitels wird noch die richtige Lage der Luft- und Winddichtung veranschaulicht.

### 5 Fertigung



Ausbildungssystem in BASYS- Typischen Montageabläufen

Die Fertigung teilt sich in mehrere Bereiche auf:

- Brettstapelfertigung:
  - Herstellen von Wandrohelementen
  - Herstellen von verlegfertigen Deckenelementen
- Wandfertigung:
  - Weiterverarbeitung der Roh Elemente in montagefertige Wandelemente
  - Herstellen von Dachelementen

◀ Anfang◀ Letzte Kapitel▶ Nächste Kapitel▶ Nächste Folie



Abbildung 9-2: Einleitungsseite Kapitel Fertigung

## 9.1.2 Montage

Im Kapitel Montage wird die richtige Lage und Befestigung der Richtschwellen erklärt. Es wird darauf hingewiesen, welche konstruktiven Holzschutzmassnahmen ergriffen werden müssen, damit die Konstruktion nicht geschädigt wird.

An einem im BASYS Forschungsprojekt entwickelten Wanddetail ist dargestellt, welche Arbeitsschritte bei der Wandmontage aufeinander folgen. Für die Montage der Decken ist ebenfalls an einem Detailpunkt dargestellt, welches Bauteil nacheinander kommt, und wo die Lage der Luft- und Winddichtungsebene ist.

Beendet wird das Kapitel Montage mit der Erläuterung des Blower - Door – Tests, darin wird auf die Notwendigkeit dieses Tests hingewiesen und auch erläutert, welche Konsequenzen auftreten, wenn die geforderten Luftdichtigkeitswerte nicht eingehalten werden.

# 7 Montage



Ausbildungssystem in BASYS- Typischen Montageabläufen

In den folgenden Seiten wird die Montage von Massivholzhäusern beschrieben.

Es wird hier besonderen Wert auf die luftdichten Anschlüsse der Dampfbremsen und Winddichtungen gelegt.

AnfangLetztes KapitelNächstes KapitelNächste Folie



Abbildung 9-3: Einleitungsseite Kapitel Montage

### 9.1.3 Übergabe an den Bauherrn

Im Kapitel Übergabe an den Bauherrn, wird auf die Dokumente, die der Bauherr zur Objektübergabe erhält, eingegangen. Es wird beschrieben, was eine Abnahmebescheinigung ist und warum eine Abnahme notwendig ist.

Der größte Punkt im Kapitel Übergabe an den Bauherrn ist jedoch die Pflege- und Instandhaltungshinweise. Darin ist für Fassade und Dach beschrieben welche Pflegemaßnahmen durchgeführt werden müssen.

So wird im Punkt Fassade auf die verschiedenen Materialien zur Fassadenbekleidung eingegangen. Es wird hingewiesen, wie eine Putzfassade zu behandeln ist und worauf bei einer Bekleidung mit Fassadenplatten zu achten ist.

Beim Punkt Dach wird auf die Pflege eines Gründaches eingegangen und darauf hingewiesen, dass auch ein Steildach regelmäßig begutachtet werden muss.

## 9.3 Pflege- und Instandhaltungshinweise



Neben der Abnahmebescheinigung und den Produktunterlagen erhält der Bauherr auch Instandhaltungs- und Pflegehinweise für die der Witterung ausgesetzten Gebäudeteile wie die Fassade und das Dach.

Darin ist beschrieben in welchen Zeitabständen bestimmte Pflegemaßnahmen durchgeführt werden sollten um lange Zeit eine Freude an den Produkt zu haben.

Ausbildungssystem in BASYS- Typischen Montageabläufen





Abbildung 9-4: Pflege- und Instandhaltungshinweise



## 9.1.4 Bauphysik

In dem Kapitel Bauphysik wird hauptsächlich auf die Luft- und Winddichtung eingegangen, weil die Mitarbeiter auf dieses Thema sensibilisiert werden müssen. Den Mitarbeitern wird auf mehreren Folien erklärt, warum die Luft- und Winddichtung notwendig ist.

Auf einer Seite wird dargestellt, welche Auswirkungen eine fehlende luftdichte Abdichtung eines Platten- oder Folienstoßes hat.

Mögliche Undichtigkeiten der Dampfbremse werden auch aufgezeigt. So wird deutlich, dass bei Durchdringungen durch die Dampfbremse besonders sorgfältig gearbeitet werden muss0,,

. Besondere Sorgfalt ist auch bei der Herstellung von Folienstößen und Wand-beziehungsweise Deckenanschlüssen notwendig.

# 10 Bauphysik

Durchdringungen

Überlappungen von Folien

Wand- Deckenanschlüsse

In den folgenden Seiten wird erläutert, welche Auswirkungen die unsachgemäße Verarbeitung der Dampfbremsen und Anschlüsse auf die Konstruktion haben.

Wie Durchdringungen durch die Dampfbremse richtig abgedichtet werden, wird ebenfalls dargestellt.

Ausbildungssystem in BASYS- Typischen Montageabläufen

Anfang    Letztes Kapitel    Nächstes Kapitel    Nächste Folie

Abbildung 9-5: Kapitel Bauphysik

## 10 Dokumentation

### 10.1 Qualitätssicherung

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde ein Qualitätsmanagementsystem aufgestellt und für alle Projektbeteiligten sichtbar auf der Internetplattform abgelegt.

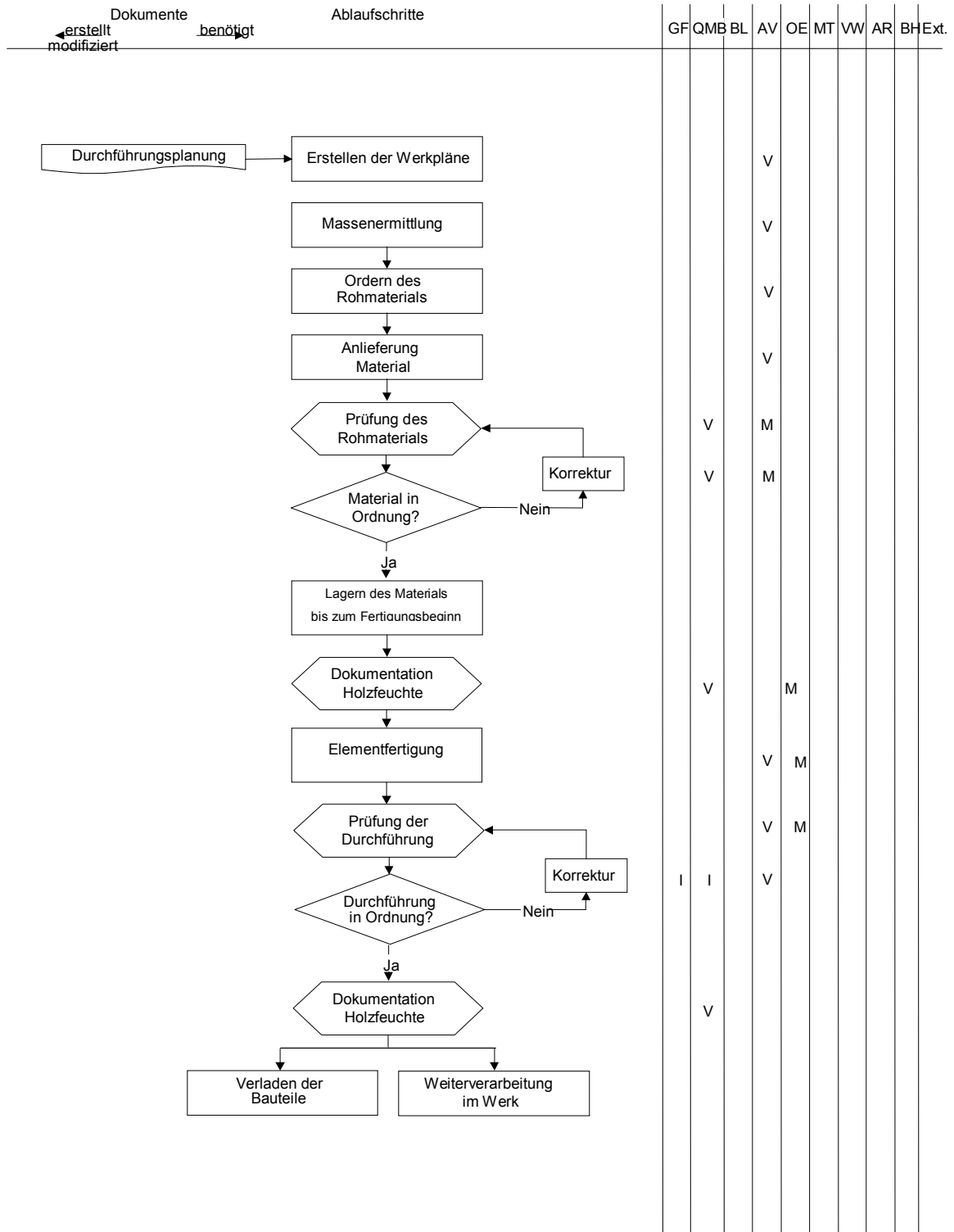
Die für die Firma Merkle besonders elementaren Punkte beziehen sich auf die Produktion und die Montage der Gebäude. Deshalb ist auch nachfolgend die Qualitätssicherung bei der Brettstapelproduktion und der Gebäudemontage dargestellt.

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Bitte um Abnahme</b></p> <p>Sehr geehrte</p> <p>wir zeigen Ihnen hiermit an, dass wir die v<br/>Nach § 12 Nr. 1 VOB/B bzw. § 640 Abs. 1<br/>Sie deshalb, die Abnahme</p> <p>binnen 12 Werktagen nach Erhalt<br/>spätestens bis zum ..... *</p> <p>durchzuführen. Für eine Terminabstimmu</p> <p>Mit freundlichen Grüßen</p> <p>* Nichtzutreffendes bitte streichen</p> | <p style="text-align: center;"><b>ABNAHMEPROTOKOLL</b></p> <p>Bauvorhaben: .....<br/>Auftraggeber: .....<br/>Auftragnehmer: .....<br/>Gewerk: .....<br/>Tag der Abnahme: .....</p> <p>Teilnehmer:</p> <p>1. .... 4. ....<br/>2. .... 5. ....<br/>3. .... 6. ....</p> <p>Der Auftraggeber nimmt die Leistungen des Auftragnehmers ab. Er rügt folgende Mängel<br/>(gegebenenfalls Beiblatt anlegen):</p> <p>.....<br/>.....<br/>.....</p> <p>Der Auftragnehmer wird aufgefordert, die vorstehend bezeichneten Mängel unverzüglich, spätestens<br/>bis zum ..... fachgerecht zu beseitigen und die Mängelbeseitigung dem Auftraggeber anzuzeigen.</p> <p>Der Auftraggeber macht hiermit die vereinbarte Vertragsstrafe geltend/nicht geltend.</p> <p>.....<br/>(Ort, Datum)</p> <p>..... (Auftraggeber) ..... (Auftragnehmer)</p> |
|--|---|

Abbildung 10-1: Abnahmeprotokoll

### 10.1.1 Brettstapel

#### 10.1.1.1 Ablaufplan für Brettstapelfertigung





### 10.1.1.2 Güte- und Prüfbestimmungen

Um eine hohe und gleichbleibende Qualität der Brettstapelelemente zu erzielen sind umfangreiche Qualitätssicherungsmaßnahmen notwendig. Diese werden generell gemäß den von der Gütegemeinschaft Brettstapel- und Dübelholzhersteller festgelegten Güte- und Prüfbestimmungen durchgeführt.

Nachfolgend die Güte- und Prüfbestimmungen der Gütegemeinschaft Brettstapel- und Dübelholzhersteller:



## Güte- und Prüfbestimmungen

G ü t e g e m e i n s c h a f t

Brettstapel- und Dübelholzhersteller e.V.

### 1 Geltungsbereich und Begriffe

#### 1.1 Geltungsbereich der Güte- und Prüfbestimmungen

Diese Güte- und Prüfbestimmungen gelten für die Herstellung von statisch tragenden und nichttragenden Brettstapelelementen mit mechanischen Holzverbindungsmiteln. Ferner wird die werkseitige Lagerung und Verladung geregelt.

#### 1.2 Begriffe

##### 1.2.1 Brettstapelelemente

Es handelt sich dabei um massive flächige Bauteile. Sie werden aus nebeneinanderstehenden Lamellen mit mechanischen Verbindungsmitteln gebildet.

### 1.2.2 Lamellen

Als Lamellen kommen Bretter, Bohlen und Kanthölzer zum Einsatz.

### 1.2.3 Mechanische Verbindungsmittel

Verwendet werden dürfen Nägel, Schrauben und Dübel nach den bauaufsichtlich eingeführten technischen Regeln (ETB), nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (BAZ) oder nach bauaufsichtlicher Zustimmung im Einzelfall (BZE).

### 1.2.4 Produktionsanlagen

Spezielle maschinelle Anlagen zum Zusammenfügen der Holzlamellen zu Brettstapelelementen mit Hilfe von Anpresseinrichtungen und maschineller Anlagen zum Einbringen der Verbindungsmittel.

## **2 Gütebestimmungen**

### 2.1 Anforderungen an die Lamellen

#### 2.1.1 Material

Es dürfen nur die in der DIN 1052 aufgeführten Holzarten eingesetzt werden.

Für tragende Elemente muss das Holz mindestens der Sortierklasse S 7 oder MS 7 für Bauschnittholz gemäß DIN 4074-1 entsprechen.

Baumkanten müssen frei von Rinde oder Bast sein.

### 2.1.2 Keilzinkung

Die Lamelle darf keilgezinkt sein. Bei tragenden Elementen müssen die Keilzinkungen der Lamellen entsprechend der DIN 68140 ausgeführt und gekennzeichnet sein. Die Herstellerfirma muss im Besitz einer Leimgenehmigung der Klasse A sein, die Überwachung der Hersteller erfolgt über die FMPA Baden – Württemberg.

### 2.1.3 Holzfeuchte

Beim Verarbeiten der Holzlamellen muss eine mittlere massebezogene Holzfeuchte  $u(m)$  von  $15\pm 3\%$  vorliegen

### 2.1.4 Lagerung

Die zur Herstellung der Brettstapelelemente benötigten Lamellen müssen generell witterungsgeschützt überdacht gelagert werden.

## 2.2 Anforderungen an die Verbindungsmittel

### 2.2.1 Art und Beschaffenheit

Die verwendeten mechanischen Verbindungsmittel müssen den zugrundeliegenden, bauaufsichtlich eingeführten technischen Regeln der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung, oder der bauaufsichtlichen Zustimmung im Einzelfall entsprechen.

### 2.2.2 Korrosionsschutz

Die Anforderungen an den Korrosionsschutz nach DIN 1052, Teil 2, müssen erfüllt sein.

### 2.3 Anforderungen an die Bemessung

Jede tragende Brettstapelkonstruktion ist nach den gültigen Bemessungsnormen und den Angaben der entsprechenden bauaufsichtlich eingeführten technischen Regeln der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung, oder der bauaufsichtlichen Zustimmung im Einzelfall für das verwendete Verbindungsmittel zu bemessen.

### 2.4 Anforderungen an die Produktion

#### 2.4.1 Angaben zur Ausführung

Die Herstellung von Brettstapелеlemente darf nur nach Ausführungszeichnungen oder nach eindeutigen Angaben erfolgen, die folgende Punkte beinhalten:

- Objektname
- Exakte Zuschnittsinformationen  
Elementabmessung, Geometrie der Bauteile
- Holzart
- Sortierklasse
- Lamellenabmessung
- Art und Anordnung der Stöße
- Art und Anordnung der Verbindungsmittel
- Freigabevermerk „zur Produktion freigegeben“ mit Datum und Unterschrift des für die Produktion Verantwortlichen.

Gegebenenfalls sind weiter zu dokumentieren:

- Detailzeichnungen
- Lage der Auflager / Auswechslungen / Öffnungen
- Überhöhungen
- Verbindungstyp und Abmessungen
- Lage der Auflager, Queraussteifungen und in der Statik speziell ausgewiesene Einzellasten.
- Angaben zur GK (Gefährdungsklasse) nach DIN 68800-3 im Einbaufall
- Angaben zum verwendeten Holzschutzmittel bei den Lamellen
- erforderliche Zusatzmaßnahmen  
(z.B. zusätzliche Beplankung zur Aussteifung)



#### 2.4.2 Fertigung

Die aufzubringenden Lamellen müssen in horizontaler und vertikaler Richtung durch hydraulische oder pneumatische Anpressvorrichtungen fixiert werden. Die Höhe des Anpressdrucks muss konstant und bei über 5 bar liegen. Das Einbringen der Verbindungsmittel muss mittels automatisierter und maschineller Vorrichtungen gewährleistet sein. Die kontinuierliche Einbringung und genaue Positionierung des Verbindungsmittels muss gesichert sein. Eine laufende visuelle – oder maschinelle Überprüfung ist erforderlich.

#### 2.4.3 Verbindungsmittel und Positionierung

Typ, Größe und Anzahl der Verbindungsmittel müssen den statischen Berechnungen entsprechen. Die Verbindungsmittel sind gemäß den statischen Berechnungen zu positionieren.

#### 2.5 Anforderungen an die Lagerung und Auslieferung der Brettstapelelemente

2.5.1 Die Brettstapelelemente sind überdacht zu lagern. Die Lagerung hat so zu erfolgen, dass eine schädigende Verformung des Elements ausgeschlossen ist.

2.5.2 Die mittlere massebezogene Holzfeuchte  $u(m)$  der Brettstapelelemente muss bei der Auslieferung unter 18% liegen.

#### 2.6 Anforderungen an den Transport der Brettstapelelemente

Für den innerbetrieblichen Transport der Elemente müssen geeignete Hebezeuge und Transportgeräte vorhanden sein.

Erfolgt die Auslieferung durch den Hersteller, müssen die Elemente bis zum Übergabezeitpunkt mit einem geeigneten Witterungsschutz versehen sein. Generell werden dem Transporteur Hinweise zum Verladen, Transport und Abladen unterbreitet. Hierbei ist das entsprechende Merkblatt der Gütegemeinschaft zu verwenden.

## 2.7 Anforderungen an die Ausführungsqualität

### 2.7.1 Messbezug

Die folgenden Angaben beziehen sich auf eine Messbezugsfeuchte von  $u(m) = 15\%$  des gesamten Brettstapelelementes

### 2.7.2 Maßtoleranzen

Für die Grenzabmaße des Elements gelten die zulässigen Abweichungen der Tabelle 2 der DIN 18203, Teil 3.

### 2.7.3 Oberflächenqualität

Die nachfolgenden Anforderungen werden nur an die sichtbar bleibende Seite gestellt. Als Bezug gilt die gesamte sichtbar bleibende Fläche, nicht die Einzellamelle.

#### **Industrie Qualität**

Für Bauteile ohne Anforderungen an die Oberflächenqualität. Baumkanten sind zulässig.

- Längsfugen, max. Breite 6 mm
- Stoßfugen max. Breite 6 mm
- Höhenversatz der Lamellen bei Längsfugen und Stoßfugen max. 4 mm bei einer Lamellenhöhe bis zu 100mm, ansonsten max. 6mm

#### **Sicht-Qualität B**

Für Bauteile mit geringer Anforderung an die Oberflächenqualität. An der sichtbaren Seite der Brettstapelbauteile sind die Einzellamellen gehobelt. Ausfalläste, fest verwachsene Äste, sowie farbliche Differenzen durch Bläue und Rotstreifigkeit auf bis zu 10 % der Fläche sind zulässig.

- Längsfugen, max. Breite 3 mm
- Stoßfugen max. Breite 3 mm
- Höhenversatz der Lamellen bei Längsfugen und Stoßfugen max. 3 mm

### **Sicht-Qualität A**

Für Bauteile mit höheren Anforderung an die Oberflächenqualität. An der sichtbaren Seite der Brettstapelbauteile sind die Einzellamellen gehobelt, frei von Bläue und Rotstreifigkeit. Fest verwachsene Äste und werkseitig durch Naturholzdübel ersetzte Ausfalläste sind zulässig.

- Längsfugen, max. Breite 2 mm
- Stoßfugen max. Breite 2 mm
- Höhenversatz der Lamellen bei Längsfugen und Stoßfugen max. 2 mm

Weitergehende Anforderungen sind gesondert zu vereinbaren.

## **2.8 Fachpersonal**

Das Fachpersonal muss die Fähigkeit besitzen die unter 2.4.1 aufgeführten Angaben zur Ausführung zu verstehen und umzusetzen.

Mindestens zwei Personen müssen als Verantwortliche für die Produktion und Eigenüberwachung benannt werden.

## **3 Prüfbestimmungen**

Die Einhaltung der Gütebestimmungen gemäß Abschnitt 2 erfolgt anhand der von der Gütegemeinschaft vorgesehenen Protokolle zur Durchführung der Überwachung. Diese sind bei der Gütegemeinschaft anzufordern und von den Prüfern zu verwenden.

## **4 Überwachung**

Die Überwachung unterteilt sich in

- Erstüberwachung / Aufnahmeüberwachung
- Werkseigene Produktionskontrolle / Eigenüberwachung
- Fremdüberwachung / Regelprüfung
- Sonderüberwachung / Sonderprüfung.

#### 4.1 Erstüberwachung / Aufnahmeüberwachung

Das Bestehen der Erstüberwachung ist Voraussetzung für die Verleihung und Führung des Gütezeichens der Gütegemeinschaft. Die unter Abschnitt 1 genannte Gütegemeinschaft ist Träger des Gütezeichens „Brettstapel- und Dübelholz“.

Der Erstüberwachung muss sich jeder Betrieb unterziehen, der den Antrag auf Verleihung des Gütezeichens bei der Gütegemeinschaft gestellt hat.

Die Erstüberwachung dient der Sicherstellung, dass seitens des Antragstellers die personellen und betrieblichen Voraussetzungen für eine gütegesicherte Herstellung von Holzbauteilen für Montagebau und Fertighäuser gemäß diesen Güte- und Prüfbestimmungen gegeben sind. Der Antragsteller hat den Nachweis zu erbringen, dass er in der Lage ist, die geforderte werkseigene Produktionskontrolle (WEP) durchzuführen.

Für die Durchführung der Erstüberwachung werden von den Gütegemeinschaft dafür geeignete Sachverständige bzw. Überwachungsstellen beauftragt.

Die Kosten für die Erstüberwachung trägt der Antragsteller.

#### 4.2 Werkseigene Produktionskontrolle / Eigenüberwachung

Jeder Gütezeichenbenutzer hat zur Einhaltung dieser Güte- und Prüfbestimmungen kontinuierliche werkseigene Produktionskontrollen durchzuführen.

Für die Durchführung sind vom Gütezeichenbenutzer die eigens dafür von der Gütegemeinschaft erstellten Formulare zu verwenden. Die Aufzeichnungen sind mindestens 5 Jahre aufzubewahren und dem Überwacher vom Gütezeichenbenutzer bei der Fremdüberwachung vorzulegen.

#### 4.3 Fremdüberwachung / Regelprüfung

Für die Durchführung der Fremdüberwachung werden von der Gütegemeinschaft geeignete Sachverständige bzw. Überwachungsstellen beauftragt. Die Fremdüberwachung ist unangemeldet zweimal jährlich, jeweils einmal in jedem Halbjahr, durchzuführen.

Bei der Fremdüberwachung sind vom Gütezeichenbenutzer die Aufzeichnungen der Eigenüberwachung vorzulegen. Des weiteren umfasst die Fremdüberwachung die Überprüfung der unter Abschnitt 2 aufgeführten Anforderungen.

Für die Durchführung sind vom Überwacher die eigens dafür von der Gütegemeinschaft erstellten Formulare zu verwenden.

Die Kosten der Fremdüberwachung trägt der Gütezeichenbenutzer.

#### 4.4 Sonderüberwachung / Sonderprüfung

Werden im Rahmen der Fremdüberwachung vom Überwacher in der Gütesicherung beim Gütezeichenbenutzer Mängel festgestellt, kann der Güteausschuss der Gütegemeinschaft eine Wiederholungsprüfung festlegen. Der Inhalt, der Umfang und der Zeitpunkt der Wiederholungsprüfung wird vom Güteausschuss festgelegt.

Wird die Wiederholungsprüfung wiederum nicht bestanden, so gilt die Fremdüberwachung als insgesamt nicht bestanden. Das weitere Vorgehen regelt sich dann nach den Durchführungsbestimmungen für die Verleihung und Führung des Gütezeichens.

Die Kosten der Wiederholungsprüfung trägt der Gütezeichenbenutzer.

## 5 Kennzeichnung

Brettstapelelemente, die nachweislich den Anforderungen nach Abschnitt 3 entsprechen, können mit dem nachfolgend abgebildeten Gütezeichen gekennzeichnet werden, wenn dem Hersteller von der Gütegemeinschaft, bei dem er den Antrag auf Verleihung des Gütezeichens gestellt hat, das Gütezeichen verliehen worden ist.

Für die Anwendung des Gütezeichens gelten ausschließlich die Durchführungsbestimmungen für die Verleihung und Führung des Gütezeichens.

## 6 Änderungen

Änderungen dieser Güte- und Prüfbestimmungen bedürfen der vorherigen schriftlichen Zustimmung des RAL. Sie werden nach angemessener Frist nach Bekanntgabe an die Gütezeichenbenutzer durch den Vorstand der Gütegemeinschaft in Kraft gesetzt.



Abbildung 10-3: RAL Gütezeichen für Brettstapel- und Dübelholzelemente




|   |  |   |
|---|--|---|
| <b>Merkle Holzbau GmbH</b>  |  |   |
| <b>Brettstapelelemente</b>  |  |   |
| <b>Datum:</b>   | <b>Com:</b>  | <b>Endkontrolle:</b>  |
| <b>Profil:</b>  |  | <b>Stärke:</b>  |
| <b>Sichtbar</b> <input type="checkbox"/>  | <b>Akustik</b> <input type="checkbox"/>  |   |
| <b>Nichtsichtbar</b> <input type="checkbox"/>   | <b>Nutprofil</b> <input type="checkbox"/>  |   |
|  <p>Merkle Holzbau GmbH<br/>Fabrikstr. 31<br/>73266 Bissingen / Teck</p> <p>Brettstapelelemente<br/>aus<br/>Holz nach DIN 4074</p> <p>Konstruktion ist<br/>berechnet nach<br/>DIN 1052</p> |  <p>DER BRETTSTAPEL- UND DÜBELHOLZ-HERSTELLER<br/>GÜTEGEMEINSCHAFT e.V.</p> |  <p><b>MERKLE</b><br/>Holzbau</p> <p>Fabrikstr. 31, 73266 Bissingen / Teck<br/>Tel: 07023 / 900 59 0, Fax: 07023 / 900 59 59<br/>eMail: merkle-holzbau@t-online.de<br/>www.merkle-holzbau.de</p> |

Abbildung 10-4: Kennzeichnung von Brettstapelelementen

Der dargestellte Kontrollzettel muss bei jeder Ladung die das Produktionswerk verlässt gut ersichtlich angebracht sein.

### 10.1.1.3 Gütesicherung Holzbauteile für Montagebau und Fertighäuser

Die Qualitätssicherung bei vorgefertigten Bauteilen, in die die Tragende Konstruktion nicht nachprüfbar eingeschlossen ist, wird durch die RAL 422 geregelt und ist zwingend einzuhalten.

Nachfolgend die Gütebestimmungen der Gütegemeinschaft Deutscher Fertigbau:



---

Gütegemeinschaft Deutscher Fertigbau e.V.

---

## Gütesicherung Holzbauteile für Montagebau und Fertighäuser

### RAL-GZ 422

Güte- und Prüfbestimmungen

- Fassung Mai 1999 -

#### 1 Allgemeines

Die **Gütegemeinschaft Deutscher Fertigbau e.V. (GDF)**, Stuttgart - im nachfolgenden „Gütegemeinschaft“ genannt - ist RAL-Gütegemeinschaft im Sinne der Grundsätze für Gütezeichen in der jeweils gültigen Fassung und gleichzeitig Überwachungsgemeinschaft im Sinne der jeweils gültigen Bauordnung.

#### 2 Bauaufsichtlicher Bereich

Das Bauprodukt „Beidseitig bekleidete oder beplankte Wand-, Decken- und Dachelemente; z.B. Holztafeln für Holzhäuser in Tafelbauart“ zählt zu den geregelten Bauprodukten und wird in der vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) veröffentlichten Bauregelliste A, Teil 1, Ziffer 3.3.2 geführt.



Seine Verwendbarkeit ergibt sich aus der Übereinstimmung mit den bekanntgemachten technischen Regeln:

- DIN 1052 - 1,2,3
- DIN 1052-1/A1; -2/A1 : 1996-10
- Richtlinie für die Überwachung von Wand-, Decken- und Dachtafeln für Holzhäuser in Tafelbauart nach DIN 1052 – 1,2,3  
in den jeweils gültigen Fassungen.

Zur Erfüllung der Schutzziele der Landesbauordnungen ist für das o.g. Bauprodukt ein Übereinstimmungsnachweis in Form eines Übereinstimmungszertifikats (ÜZ) – ausgestellt durch eine für den jeweiligen Bereich der Bauregelliste nach den Landesbauordnungen anerkannten Zertifizierungsstelle - gefordert. Die Zertifizierung basiert auf einer kontinuierlichen werkseigenen Produktionskontrolle des Herstellers sowie einer Fremdüberwachung durch eine von der obersten Bauaufsicht anerkannte Überwachungsstelle.

Die Gütegemeinschaft führt als anerkannte Zertifizierungsstelle die Zertifizierung bei allen ihren Mitgliedern durch.

### **3 RAL-Gütezeichen**

Die Gütegemeinschaft vergibt an Hersteller der unter Abschnitt 2 genannten Bauprodukte, wenn diese die im gleichen Abschnitt gestellten Anforderungen erfüllen, bei nachweislicher Erfüllung der nachstehenden zusätzlichen RAL-Güteanforderungen an diese Bauprodukte das RAL-Gütezeichen „Holzbauteile für Montagebau und Fertighäuser“.

#### **3.1 Güte- und Prüfbestimmungen**

Zur Erlangung des RAL-Gütezeichens werden im Rahmen der Güteüberwachung folgende zusätzliche Anforderungen gestellt und geprüft:

3.1.1 Prüfung, ob geeignete Unterlagen für die statische und bauphysikalische Bemessung (Bauvorlagen oder Standardnachweise) der im Werk hergestellten Bauteile für das zur Zeit in Produktion befindliche gütegesicherte Objekt vorliegen, insbesondere

- Standsicherheitsnachweise
- Wärmeschutznachweise
- Feuchteschutznachweise
- Schallschutznachweise
- Brandschutznachweise

3.1.2 Prüfung der Wärmedurchgangskoeffizienten (k-Werte) der Außenbauteile wie

- Außenwände,
- Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen und
- Decken (einschließlich Dachschrägen), die Räume nach oben oder unten gegen die Außenluft abgrenzen,

anhand der vorzulegenden Wärmeschutznachweise der zur Zeit der Fremdüberwachung in Produktion befindlichen Objekte. Sämtliche obengenannten Bauteile müssen einen k-Wert von  $< 0,30 \text{ W / (m}^2 \text{ K)}$  aufweisen.

3.1.3 Prüfung des eingesetzten Holzes betreffend Abmessungen, Sortierklasse und Holzfeuchte; letztere sollte maximal 18 % betragen.

3.1.4 Prüfung von im Werk nicht geschlossenen Tafeln, Einzelbauteilen und Materialien hinsichtlich Ausführung und Materialqualität, hierbei insbesondere

- Holzschutz entsprechend DIN 68 800
- Plattenwerkstoffe
- Dämmstoffe
- Verbindungsmittel und Stahlteile

3.1.5 Prüfung des Konzepts zur Herstellung der Luftdichtheit der Gebäudehülle anhand der Planungsunterlagen und der vorgefertigten Tafeln.

3.1.6 Prüfung der Verladung der zu transportierenden Bauteile und Materialien hinsichtlich Abdeckung und Verplanung.

Zu überwachen sind sämtliche vorgenannten, im Werk vorgefertigten Bauteile und vorgefundenen Materialien.

## **3.2 Überwachung**

Die Überwachung unterteilt sich in

- Erstüberwachung / Aufnahmeüberwachung
- Werkseigene Produktionskontrolle / Eigenüberwachung
- Fremdüberwachung / Regelprüfung
- Sonderüberwachung / Sonderprüfung.

Die einzelnen Überwachungen sollten zusammen mit den bauaufsichtlich geforderten Überwachungen durchgeführt werden.

### **3.2.1 Erstüberwachung**

Das Bestehen der Erstüberwachung ist Voraussetzung für die Verleihung und Führung des Gütezeichens der Gütegemeinschaft. Die unter Abschnitt 1 genannte Gütegemeinschaft ist Träger des Gütezeichens „Holzbauteile für Montagebau und Fertighäuser“.

Der Erstüberwachung muss sich jeder Betrieb unterziehen, der den Antrag auf Verleihung des Gütezeichens bei der Gütegemeinschaft gestellt hat.

Die Erstüberwachung dient der Sicherstellung, dass seitens des Antragstellers die personellen und betrieblichen Voraussetzungen für eine gütegesicherte Herstellung von Holzbauteilen für Montagebau und Fertighäuser gemäß diesen Güte- und Prüfbestimmungen gegeben sind. Der Antragsteller hat den Nachweis zu erbringen, dass er in der Lage ist, die geforderte werkseigene Produktionskontrolle (WEP) durchzuführen.

Für die Durchführung der Erstüberwachung werden von den Gütegemeinschaft dafür geeignete Sachverständige bzw. Überwachungsstellen beauftragt.

Die Kosten für die Erstüberwachung trägt der Antragsteller.

### 3.2.2 Werkseigene Produktionskontrolle (WEP)

Jeder Gütezeichenbenutzer hat zur Einhaltung dieser Güte- und Prüfbestimmungen kontinuierliche werkseigene Produktionskontrollen durchzuführen. Die Durchführung der WEP sollte zusammen mit der werkseigenen Produktionskontrolle bezüglich der bauaufsichtlichen Anforderungen erfolgen.

Für die Durchführung sind vom Gütezeichenbenutzer die eigens dafür von der Gütegemeinschaft erstellten Formulare zu verwenden. Die Aufzeichnungen sind mindestens 5 Jahre aufzubewahren und dem Überwacher vom Gütezeichenbenutzer bei der Fremdüberwachung vorzulegen.

### 3.2.3 Fremdüberwachung

Für die Durchführung der Fremdüberwachung werden von der Gütegemeinschaft geeignete Sachverständige bzw. Überwachungsstellen beauftragt. Die Fremdüberwachung sollte, wie bereits unter Abschnitt 3.2 ausgeführt, gemeinsam mit der Überwachung der bauaufsichtlichen Anforderungen an das Bauprodukt erfolgen. Die Fremdüberwachung ist zweimal jährlich, jeweils einmal in jedem Halbjahr, durchzuführen.

Bei der Fremdüberwachung sind vom Gütezeichenbenutzer die Aufzeichnungen der Eigenüberwachung vorzulegen. Des weiteren umfasst die Fremdüberwachung die Überprüfung der unter Abschnitt 3.1 aufgeführten Anforderungen.

Für die Durchführung sind vom Überwacher die eigens dafür von der Gütegemeinschaft erstellten Formulare zu verwenden. Die Fremdüberwachung wird jährlich zweimal durchgeführt, jeweils einmal in jedem Halbjahr. Die Kosten der Fremdüberwachung trägt der Gütezeichenbenutzer.

### 3.2.4 Wiederholungsprüfung

Werden im Rahmen der Fremdüberwachung vom Überwacher in der Gütesicherung beim Gütezeichenbenutzer Mängel festgestellt, kann der jeweilige Güteausschuss der Gütegemeinschaften eine Wiederholungsprüfung festlegen. Der Inhalt, der Umfang und der Zeitpunkt der Wiederholungsprüfung wird vom jeweiligen Güteausschuss festgelegt.

Wird die Wiederholungsprüfung wiederum nicht bestanden, so gilt die Fremdüberwachung als insgesamt nicht bestanden. Das weitere Vorgehen regelt sich dann nach den Durchführungsbestimmungen für die Verleihung und Führung des Gütezeichens.

Die Kosten der Wiederholungsprüfung trägt der Gütezeichenbenutzer.

## **4 Kennzeichnung**

Holzbauteile für Montagebau und Fertighäuser, die nachweislich den Anforderungen nach Abschnitt 3 entsprechen, können mit dem nachfolgend abgebildeten Gütezeichen gekennzeichnet werden, wenn dem Hersteller von der Gütegemeinschaft, bei der er den Antrag auf Verleihung des Gütezeichens gestellt hat, das Gütezeichen verliehen worden ist.

Für die Anwendung des Gütezeichens gelten ausschließlich die Durchführungsbestimmungen für die Verleihung und Führung des Gütezeichens.

## **5 Änderungen**

Änderungen dieser Güte- und Prüfbestimmungen bedürfen der vorherigen schriftlichen Zustimmung des RAL. Sie werden nach angemessener Frist nach Bekanntgabe an die Gütezeichenbenutzer durch den Vorstand der Gütegemeinschaft in Kraft gesetzt.



Abbildung 10-5: RAL Gütezeichen für Holzbauteile

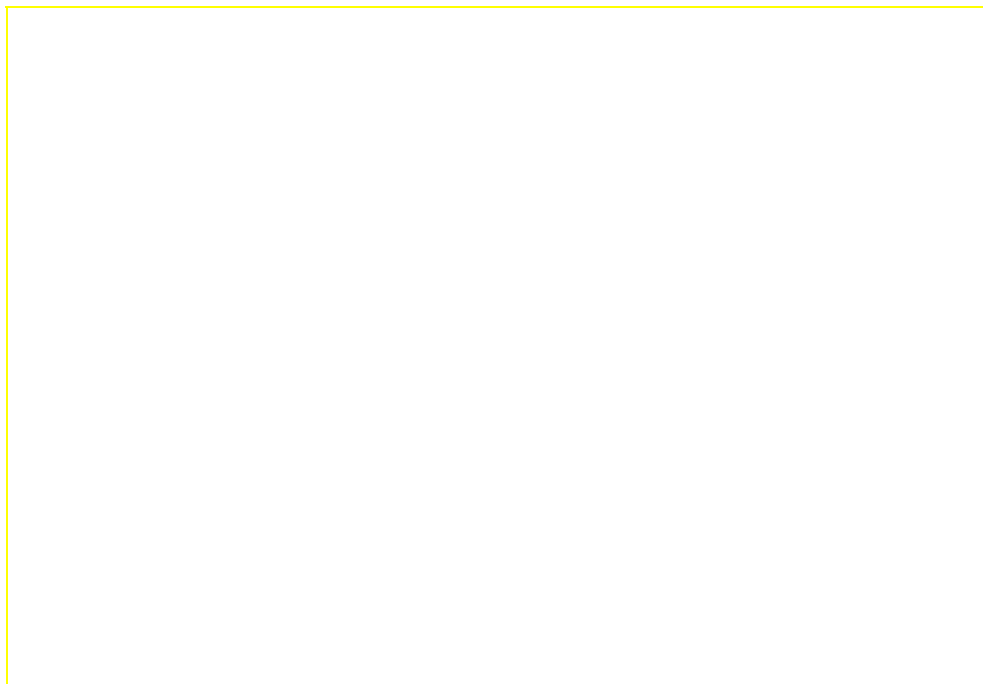


Abbildung 10-6: Stempel zur Kennzeichnung von Fertighauselementen

Jedes bei der Firma Merkle hergestellte Fertighauselement in Brettstapel oder Holzrahmenbauweise wird mit dem oben dargestellten Stempel gekennzeichnet. Diese Kennzeichnung ist nur auf Elementen notwendig die vollständig beplankt sind und die Tragkonstruktion nicht mehr sichtbar ist.

Für die Kennzeichnung ist der Qualitätsmanagementbeauftragte der Firma zuständig. Nur nach seiner Freigabe dürfen die Fertigteilelemente die Firma verlassen.

Im Laufe des Forschungsprojektes wurden Checklisten zur Qualitätssicherung und Überwachung für das virtuelle Unternehmen Basys entwickelt. Diese wurden dann auch in das Qualitätsmanagementhandbuch der virtuellen Firma Basys aufgenommen.

|  |  |                          |                          |  |                          |
|--|--|--------------------------|--------------------------|--|--------------------------|
|  |  |                          |                          |  |                          |
| <b>Formular für Überwachung, Kontrolle und Korrekturmaßnahmen</b>                  |  |                          |                          |  |                          |
| Name:  |  | betrifft: Umwelt         | <input type="checkbox"/> | Qualität                                       | <input type="checkbox"/> |
| Datum:   |  | Abteilung:               |                          |  |                          |
| <b>Was ist passiert ?</b>  |  |                          |                          |  |                          |
| bitte ankreuzen:   |  | <input type="checkbox"/> |                          | Unfallverhütungsvorschriften nicht eingehalten |                          |
|  |  | <input type="checkbox"/> |                          | mangelhafte Vorleistung                        |                          |
|  |  | <input type="checkbox"/> |                          | Eigenproduktion ungenügend                     |                          |
|  |  | <input type="checkbox"/> |                          | mangelhaft Werkstoffe / Lieferung fehlerhaft   |                          |
|  |  | <input type="checkbox"/> |                          | sonstiges                                      |                          |
| kurze Beschreibung des Fehlers / Abweichung  |  |                          |                          |  |                          |
| <b>Mußte eine Sofortmaßnahme eingeleitet werden ?</b>                              |  | ja                       |                          | nein   |                          |
| Bei ja: kurze Beschreibung   |  | <input type="checkbox"/> |                          | <input type="checkbox"/>                       |                          |

Abbildung 10-7: Formular Dokumentation von Qualitätsbeanstandungen

### **10.1.2 Gebäude**

Die Qualitätssicherungsmaßnahmen während der Montage sind in erster Linie die Kontrolle der Maße von Vorleistungen auf der Baustelle mit den Plänen und ein sofortiges ausgleichen von Toleranzen. Während der Montage werden die Gebäudewände fortlaufend auf ihre Lage sowie ihre Stellung in der Vertikalen kontrolliert um sicherzustellen, dass die geforderten Toleranzen eingehalten werden und den Folgegewerken eine zügige Weitermontage ermöglicht.

Um nachzuweisen, dass die in der Energieeinsparverordnung geforderte Luftdichtigkeit erreicht wird, wird ein sogenannter Blower – Door - Test durchgeführt. Bei diesem Test wird das Gebäude Über- und Unterdruck gesetzt. Die Luftwechselrate darf die in der ENEC geforderten Werte des jeweiligen Gebäudetyps nicht überschreiten.

Eine geschlossene Gebäudehülle und die eingebauten Fenster und Türen sind der günstigste Zeitpunkt für eine Blower – Door Messung. Dabei besteht noch die Möglichkeit eventuelle Leckstellen abzudichten, bevor mit den Endbeplankungen begonnen wird.

Nach erfolgreicher Blower – Door Prüfung, wird das Ergebnis in einem Messprotokoll dokumentiert und dem Auftraggeber zur Verfügung gestellt.





Abbildung 10-8: Blower – Door Zertifikat

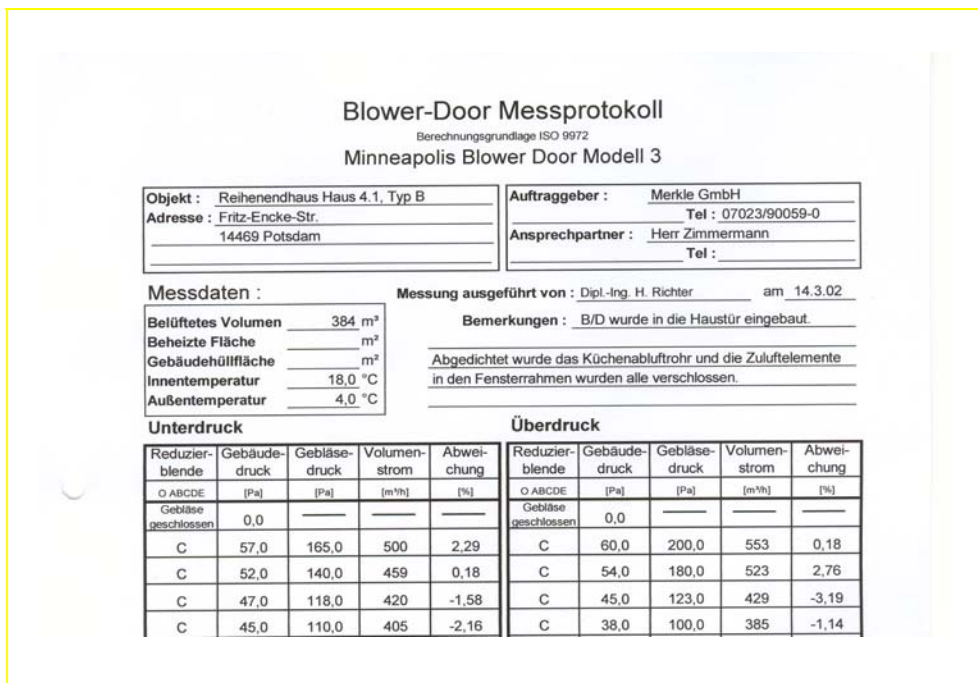


Abbildung 10-9: Blower – Door Messprotokoll

Nach der Fertigstellung des Gebäudes wird gemeinsam mit dem Auftraggeber eine Bauabnahme durchgeführt, bei der alle eventuell auftretenden Beanstandungen seitens der Bauherrschaft in einem Abnahmeprotokoll dokumentiert werden. Diese werden sogleich an die zuständige Stelle zur Abarbeitung weitergeleitet.

| ABNAHMEPROTOKOLL   |         |
|--|---------|
| Bauvorhaben:   | .....   |
| Auftraggeber:  | .....   |
| Auftragnehmer:   | .....   |
| Gewerk:  | .....   |
| Tag der Abnahme:   | .....   |
| Teilnehmer:  |         |
| 1. ....  | 4. .... |
| 2. ....  | 5. .... |
| 3. ....  | 6. .... |
| Der Auftraggeber nimmt die Leistungen des Auftragnehmers ab. Er rügt folgende Mängel<br>(gegebenenfalls Beiblatt anlegen):   |         |
| .....  |         |
| .....  |         |
| .....  |         |
| Der Auftragnehmer wird aufgefordert, die vorstehend bezeichneten Mängel unverzüglich, spätestens<br>bis zum ..... fachgerecht zu beseitigen und die Mängelbeseitigung dem Auftraggeber anzuzeigen. |         |
| Der Auftraggeber macht hiermit die vereinbarte Vertragsstrafe geltend/nicht geltend.   |         |

Abbildung 10-10: Abnahmeprotokoll

## 10.2 Produktunterlagen

Um eine lückenlose Dokumentation der verwendeten Baustoffe und Verbindungsmittel sicherzustellen, ist es notwendig, dass alle Unterlagen von den entsprechenden Herstellern vorliegen, dies ist unbedingt notwendig, da es nach geltenden Vorschriften nur dann erlaubt ist, komplett fertige Wand- Decken oder Dachelemente herzustellen, wenn diese Dokumentationen vorliegen. Diese Tätigkeit wird bei der Fa. Merkle durch die FMPA Baden-Württemberg überwacht.

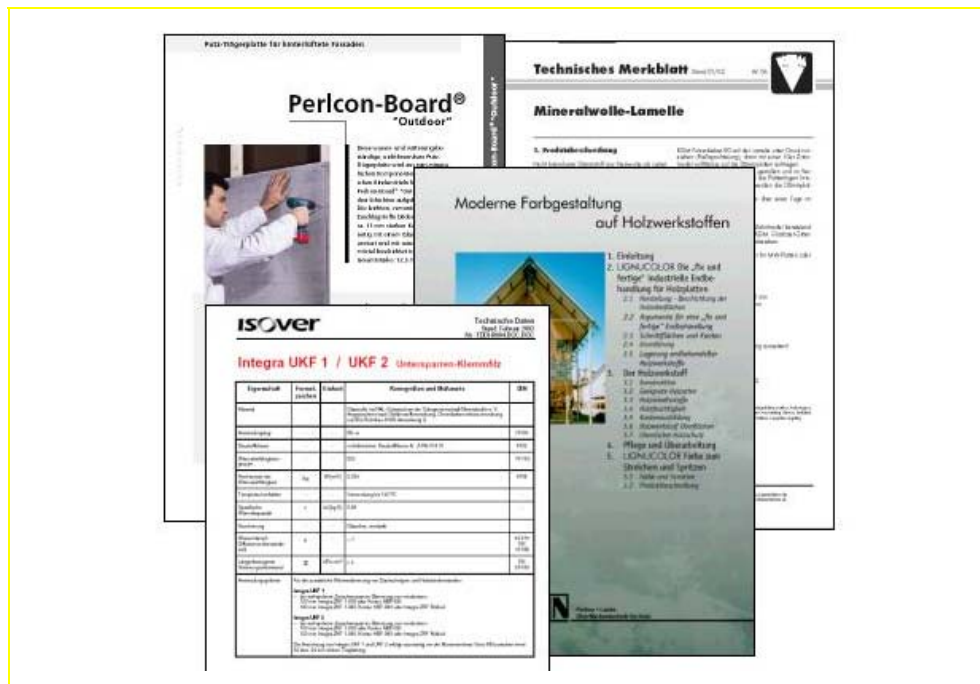


Abbildung 10-11: verschiedene Produktunterlagen

### 10.2.1 Zulassungen

Alle im Baubereich verwendeten Baumaterialien und Verbindungsmittel sollten eine Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung besitzen. In dieser Zulassung sind der Einsatzbereich und die Zusammensetzung des Materials geregelt. Auch werden technische Angaben zu den Eigenschaften gemacht. Diese Unterlagen müssen bei jedem Hersteller vorhanden sein.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden alle diese Produktunterlagen von den Herstellern in digitaler Form angefordert. Beim Hersteller von Gipsfaserplatten, der Firma Fels können sämtliche Datenblätter und Unterlagen als .pdf- Datei von der Herstellerhomepage heruntergeladen werden.

Die Firma Fels bildet hier aber eine große Ausnahme, denn ein großer Teil der Hersteller haben ihre Unterlagen nur als Printmedium. Deshalb ist es momentan noch nicht möglich mit einem vertretbarem Aufwand eine digitale Dokumentation der im Bauwerk eingesetzten Bauprodukte zusammenzustellen.

## **10.2.2 Instandhaltung, Wartung, Pflege**

Um zu gewährleisten, dass die eingesetzten Baustoffe ihre Eigenschaften über den gesamten Lebenszyklus aufrechterhalten, ist es notwendig, dass sie gemäß den Herstellerrichtlinien verarbeitet werden. Damit die Materialeigenschaften über den gesamten Lebenszyklus erhalten bleiben, ist es notwendig, dass die von Umwelteinflüssen betroffenen Bereiche wie Dach und Fassade richtig gepflegt werden. Die im Rahmen des Forschungsprojektes entwickelten Anleitungen wurden in das Ausbildungssystem für technische Mitarbeiter integriert.

## **11 Ausblick**

Bei einer Vorausschau, über die Verwendung der erarbeiteten Erkenntnisse aus dem abgelaufenen Forschungsprojekt ist in unserem Hause mit großer Zuversicht versehen. Eigentlich ist es bei den hierzulande sehr hohen Anforderungen an die Ausstattung wie auch an die Qualität unerlässlich diese Vorgehensweise anzuwenden. Um auf die Dauer einen solchen Standard mit den positiven Eigenschaften der Nachrüstung einer breiten Schicht von Bauherren zugänglich zu lassen. Die in dem Projekt entwickelten Bausteine sind für die Fertigung mit geringem Aufwand sehr zeitnah umzusetzen.

Wir von unserer Seite werden auf der Messe BAU 2003 in München mit diesen Erkenntnissen und den erarbeiteten Muster die Planer ansprechen. Des weiteren wollen wir die Detaillösungen auch in die Planungsgrundlagenmappe des Brettstapelverbandes einfließen lassen, so dass die Erkenntnisse bald eine zügige Umsetzung erfahren.

Für die Fertigungsbetriebe ist es aus Kostengründen unerlässlich dass man diese im Forschungsprojekt erarbeiteten Werkzeuge anwendet, da ansonsten die Massivholzbauweise aus Gründen der Herstellungskosten gegen die Holzrahmenbauweise nicht ankommt. Die jetzt erarbeitete Erkenntnis ist jedoch ein Ansatz in den Herstellungskosten und Abläufen mit dem Holzrahmenbau gleichzuziehen und das wesentlich hochwertigere Produkt zum selben Produktionsaufwand durchzuführen.

Bei der Anwendung der Erkenntnisse ist in jedem Falle gewährleistet, dass die Fehlerquote auf ein Minimum reduziert wird, da die Planung vor dem Produktionsbeginn vollständig abgeschlossen sein muss und durch die Nachrüstbarkeit der HLSE Technik keine besonderen Mehrkosten bei eventuellen Ergänzungen entstehen. Dies ist für die Elementbauweise ein erheblicher Fortschritt und stärkt gegenüber den Konkurrenzprodukten ungemein, so dass die bereits deutlich eingesetzte Akzeptanz der Holzbauweise auch weiterhin durch ein Wachstum der Nachfrage führt.

Bei der angespannten Konjunktur ist ein solches Engagement unerlässlich und für die gesamte Branche von Vorteil.

Es wäre empfehlenswert in dieser Richtung die Forschung und Entwicklung intensiv weiter zu betreiben, da mit einer solchen Vorgabe weiterhin ermöglicht wird, dass sich eine breite Schicht der Bevölkerung ein eigenes Haus mit einem hohen technischen Standard leisten kann das obendrein noch nachrüstbar ist, die Ressourcen schont und ein unvergleichliches Raumklima bietet.

## 12 Ergebniskontrollbericht

### 12.1 Förderpolitische Ziele des Förderprogramms und eigene Ergebnisse

Das Förderprogramm des BMBF „Bauen und Wohnen im 21. Jahrhundert“ sieht Forschungsbedarf auf vier Ebenen:

Soziales: Befunde und Ziele

Ökologie: Ressourcenschonung als Herausforderung

Ökonomie: Kosten senken, Märkte sichern

Die kulturelle Dimension: Planung und lokale Identität

Im Bereich „Ökologie“ sollen Strategien zur Verringerung des Flächen- und Stoffverbrauchs erarbeitet werden. Dieser Aspekt soll – unter anderem - in fünf Förderschwerpunkten bearbeitet werden. Der Förderschwerpunkt „Bauforschung- und Bautechnik“ verfolgt das Ziel, die Bauwirtschaft dabei zu unterstützen, ihre Existenz durch Forschung und Innovation im kostengünstigen Wohnungsbau sowie in Instandsetzung und Modernisierung zu sichern sowie zukunftssichere, qualifizierte Arbeitsplätze zu schaffen.

Das Verbundprojekt „BASYS“ wurde gefördert, da

- Informations- und Kommunikationssysteme zur Integration von Planung- und Ausführung mit der gemeinsamen Internetplattform und dem virtuellen Büro entwickelt und eingesetzt wurden;
- Vorfertigung als zukunftssträchtiger Innovationspfad bei der Bauwerkserstellung mit der Brettstapeltechnologie weiterentwickelt wurde;
- teilautomatisierte Bauverfahren und –techniken mit der CAD-CNC-Kette angewendet wurden und durch die Integration der Haustechnikinstallation in das Herstellungsverfahren die Baustellenzeit weiter verkürzt werden kann;
- durch den Einsatz der elementbasierten Programme Validierungen der Planung unter dem Aspekt Ökonomie und Ökologie projektbegleitend möglich sind.

Das Teilvorhaben hat sich vor allem mit den Aspekten des Lebenszyklus von Gebäuden und dessen Bilanzierung auseinandergesetzt. Dadurch kann der Ressourcenbedarf für Baustoffe als auch für Energie abgeschätzt und minimiert werden.

## **12.2 Wissenschaftlich-technische Ergebnis, Nebenergebnisse und gesammelte Erfahrungen**

Das Teilvorhaben „Systementwicklung, Tragwerk, CAD-CAM-CNC-Verknüpfung, Fertigungs- und Montageplanung, Demonstrationsprojekt“ erbrachte den Nachweis, dass eine durchgängige CAD – CAM – CNC Kette von der Planung über die Integration der Haustechnik bis hin zur Herstellung der Massivholzwände mit einer CNC- gesteuerten Fertigungsanlage möglich ist.

In Zusammenarbeit mit den Planern und Haustechnikern wurden Detailkataloge mit Anschlussdetails für die Brettstapeltechnologie aufgestellt und während der Laufzeit des Forschungsprojektes teilweise bei Bauvorhaben angewendet.

## **12.3 Fortschreibung des Verwertungsergebnisses**

### **a. Erfindungen und Schutzrechte**

Es wurden keine Erfindungen und Schutzrechte angemeldet

### **b. Wirtschaftliche Erfolgsaussichten mit Zeithorizont und wirtschaftlich funktionale Vorteile im Betrieb**

Die in BASYS gewonnenen Erkenntnisse zur Verbesserung der Betriebsabläufe und Herstellungsqualitäten, fliesen in das Qualitätsmanagementsystem der Firma Merkle mit ein.

Die Bearbeitung der Brettstapelelemente muss noch durch Modifizierungen an Software und Anlagentechnik so gesteigert werden, dass eine wirtschaftliche Bearbeitung der Elemente ermöglicht wird und die Stückkosten gesenkt werden können.

**c. Wissenschaftliche und / oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende**

Die Firma Dietrichs AG, Hersteller der CAD Holzbau Software wird mit einem Ihrer nächsten Updates eine Schnittstelle auf den Markt bringen, die genau die im BASYS Forschungsprojekt gesetzten Anforderungen abdeckt.

**d. wissenschaftlich und/oder wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine nächste Phase in der Umsetzung der F- und E-Ergebnisse**

Der Brettstapelelementkatalog, die Vorteile der CAD-CNC-Produktion von Brettstapelelementen und die vollständige Dokumentation des Gebäudes mit Wartungsanleitung ist dem Brettstapelverband mit Sitz in Stuttgart in Auszügen vorgestellt worden. Nach Abschluss der Forschungsarbeit soll eine gesamte Dokumentation des Projektes dem Verband auf CD-ROM zur Verfügung gestellt werden. Die Verbundpartner wollen die im Verband zusammengeschlossenen Firmen von den im Projekt bearbeiteten Aspekten informieren und von den wirtschaftlichen Vorteilen überzeugen:

- Höherer Vorfertigungsgrad
- Integrierte Haustechnik
- Lebenszyklusbezogene Gebäudebilanzierung
- Gebäudedokumentation
- Wartungsanleitung



## **12.4 Arbeiten, die keine Lösung gefunden haben**

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden alle Aspekte des Teilvorhabens bearbeitet und mit dokumentierbaren Ergebnissen abgeschlossen.

Der Import der Planerdaten auf die firmeneigene CAD-Software konnte aufgrund fehlender Kompatibilität nicht durchgeführt werden, da die Schnittstellen nicht vorhanden und während des Vorhabenszeitraums nicht zu programmieren waren.

## **12.5 Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer, Messen, CD-ROM, Internet**

Eine CD-ROM des Gesamtprojektes wurde erstellt. Die Ergebnisse werden zudem auf der Internetseite des Projektes „Basysnetz.de“ veröffentlicht.

## **12.6 Einhaltung von Kosten und Zeitplan**

Das Verbundvorhaben und das Teilvorhaben wurde im Rahmen des eingereichten Kosten- und Zeitplanes fertiggestellt.

## **Quellenverzeichnis:**

- Güte- und Prüfbestimmungen (Gütegemeinschaft der Brettstapel- und Dübelholzhersteller e. V., 2002)
- Gütesicherung Holzbauteile für Montagebau und Fertighäuser (Gütegemeinschaft Deutscher Fertigbau e. V. , Mai 1999)

## **Bildquellen**

Alle hier nicht aufgeführten Abbildungen sind von der Firma Merkle

- Abb. 2-8. Auszug aus DIN 1052
- Abb. 2-9. Auszug aus DIN 1052
- Abb. 3-1 Institut für Industrielle Bauproduktion Uni Karlsruhe (TH)
- Abb. 6-8: Firmenprospekt (Fa. Layher, Güglingen; Fa. Hünnebeck, Ratingen)
- Abb. 7-12 Produktunterlagen (Fa. Grünzweig und Hartmann, Ladenburg)  
Produktunterlagen (Fa. Deutsche Perlite, Dortmund)  
Produktunterlagen (Fa. Pinufin Oberflächentechnik, Karlsruhe)  
Produktunterlagen (Fa. Keimfarben, Diedorf)

Merkle GmbH

Holzbau

Bissingen / Teck

**Verbundvorhaben:** Lebenszyklusoptimierte  
Systemlösung für verdichteten Wohnungsbau  
mit Massivholztechnologie (BASYS)

**Teilvorhaben:** Systementwicklung, Tragwerk,  
CAD-CAM-CNC-Verknüpfung, Fertigungs- und  
Montageplanung, Demonstrationsobjekt

## **Anlagenband**

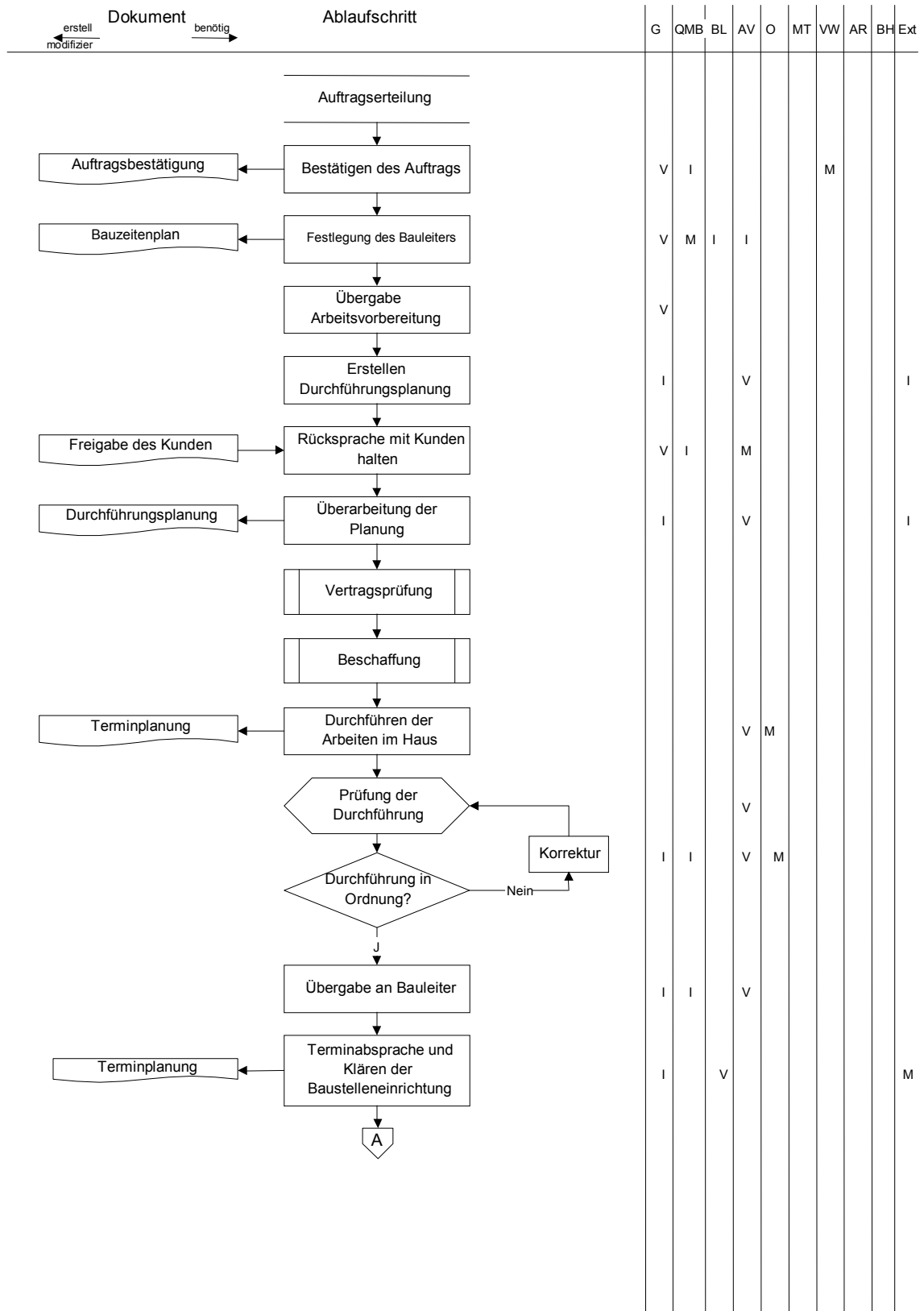
über ein Forschungsprojekt  
gefördert unter dem Az: 19 W0032C vom  
Bundesministerium für Bildung und Forschung

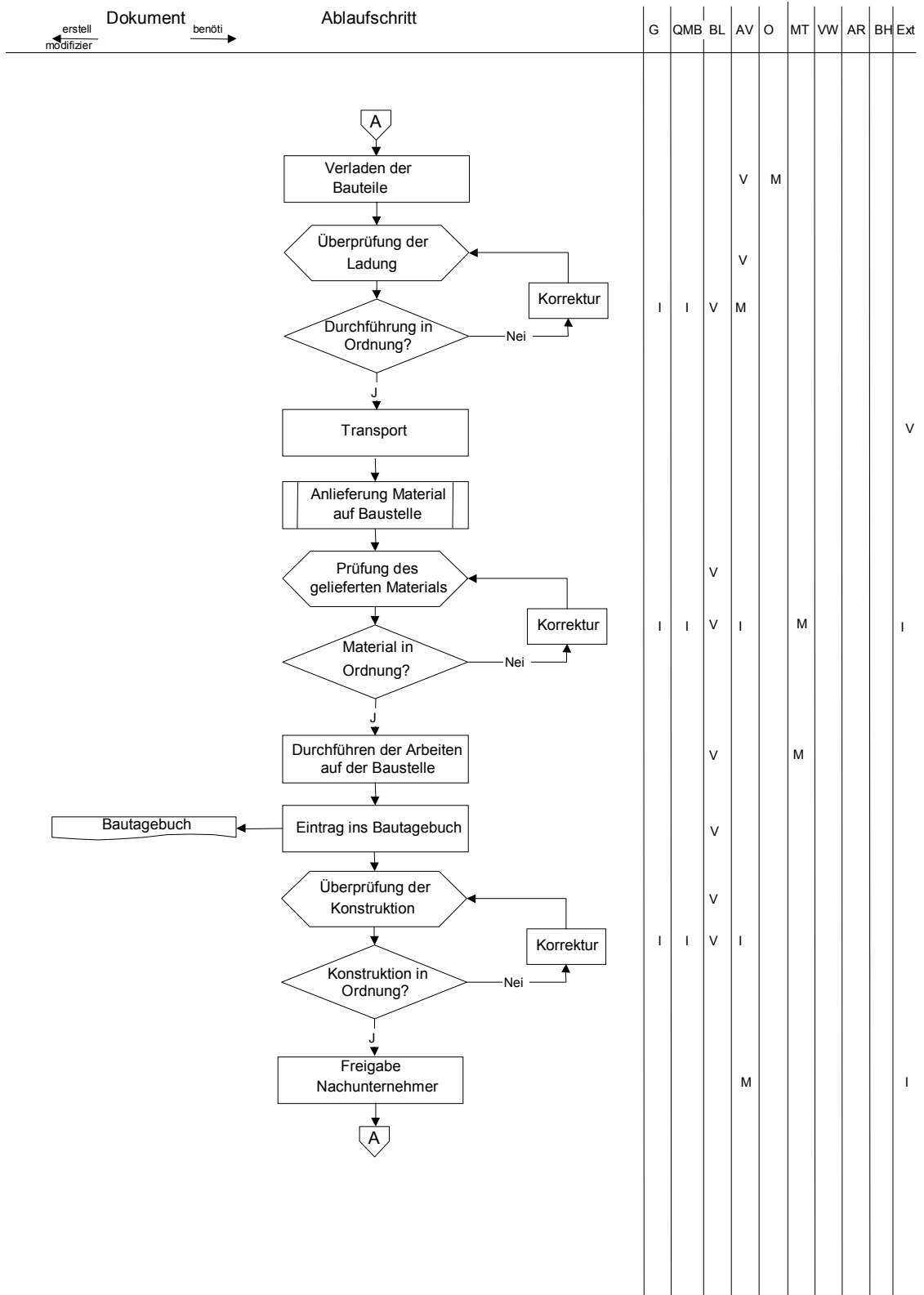
Von Rainer Merkle

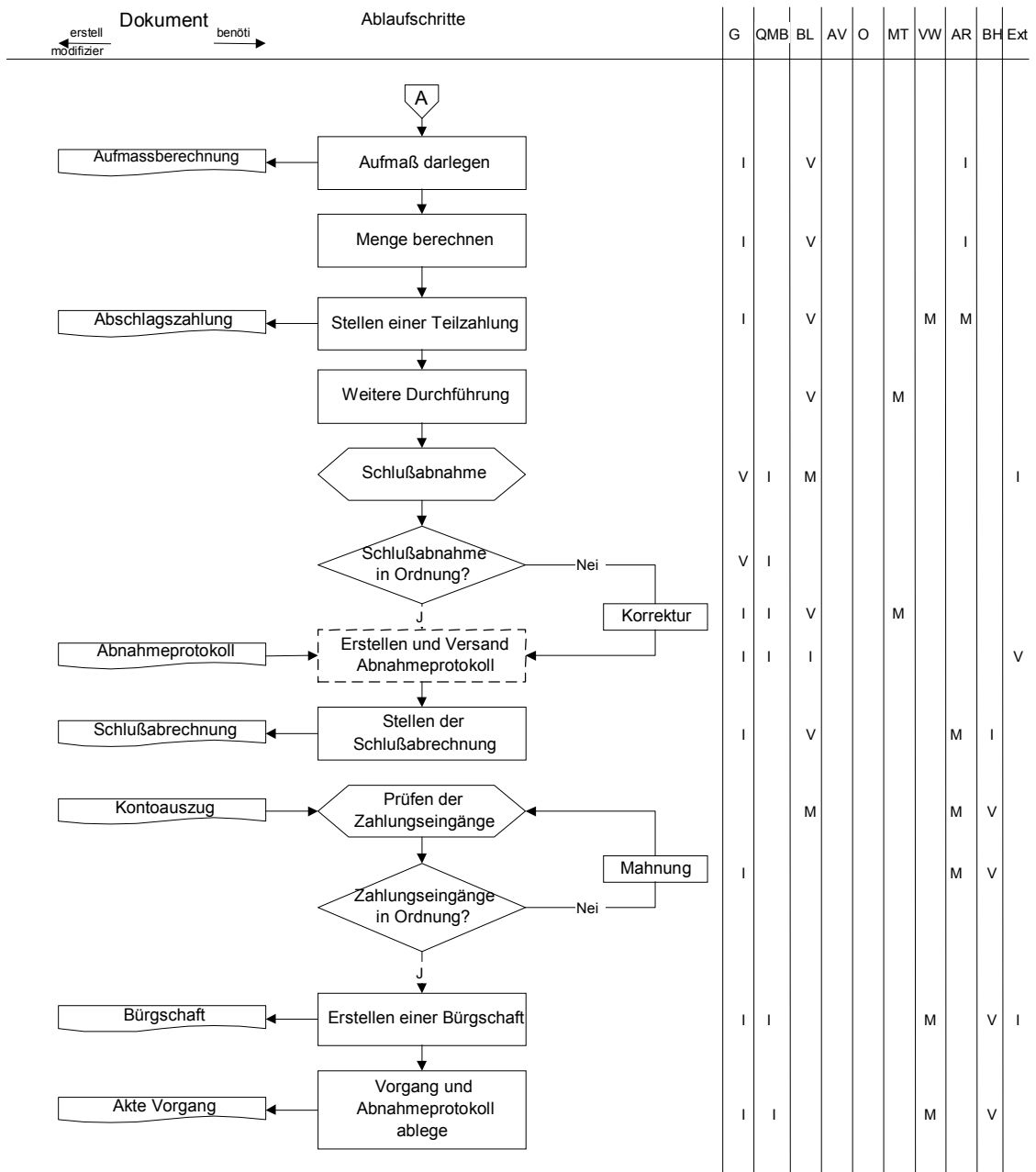
Bissingen / Teck, August 2002

# Prozesslenkung

## Darstellung der Beteiligten bei der Auftragsabwicklung







VA-4-3-1

**Zeichenerklärung:**

- GF: Geschäftsführung
- QMB: Qualitätsmanagementbeauftragter
- BL: Bauleitung
- AV: Arbeitsvorbereitung
- OE: Organisationseinheit z. B. Fertigung, Abbund, Brettstapelherstellung
- MT: Montagetrupp
- VW: Verwaltung
- AR: Abrechnung
- BH: Buchhaltung
- Ext.: Externe
- V: Verantwortung
- I: Information
- M: Mitarbeiter



|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|--|--|--|

**Formular für Überwachung, Kontrolle und Korrekturmaßnahmen**

Name: \_\_\_\_\_ betrifft: Umwelt  Qualität

Datum: \_\_\_\_\_ Abteilung: \_\_\_\_\_

**Was ist passiert ?**

bitte ankreuzen:

- Unfallverhütungsvorschriften nicht eingehalten
- mangelhafte Vorleistung
- Eigenproduktion ungenügend
- mangelhaft Werkstoffe / Lieferung fehlerhaft
- sonstiges

kurze Beschreibung des Fehlers / Abweichung

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Mußte eine Sofortmaßnahme eingeleitet werden ?**

Bei ja: kurze Beschreibung

ja  nein

**Formular zurück an**

Umweltmanagementvertreter Qualitätsbeauftragter

**kurze Beschreibung der geplanten/ eingeleiteten Maßnahmen**

durchzuführen von:

Name: \_\_\_\_\_

bis: \_\_\_\_\_

**erledigt ?**

ja  nein

Datum/Unterschrift: \_\_\_\_\_

**Formular zurück an**

Umweltmanagementvertreter Qualitätsbeauftragter

**Kontrolle durchgeführt, o. k. ?**

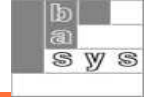
ja  nein

## Zeitansätze für die Herstellung von Brettstapelelementen

|  | Zeit min/qm        | Fläche im Quadratmeter |       |       |     |     |
|--|--------------------|------------------------|-------|-------|-----|-----|
|  |                    | 15                     | 4     | 8     | 20  |     |
| Herstellen des Brettstapelelements                 | 9,5                | 142,5                  | 38    | 76    | 190 |     |
| Ablegen des Elementes auf Fertigungsbrücke         | 2,5                | 37,5                   | 10    | 20    | 50  |     |
| Bearbeiten des Brettstapelelementes mit CNC Anlage | 4                  | 60                     | 16    | 32    | 80  |     |
| Nacharbeiten des Elementes von Hand                | 1,6                | 24                     | 6,4   | 12,8  | 32  |     |
| Drehen des Elementes                               | 1                  | 15                     | 4     | 8     | 20  |     |
| Aufbringen der Aussteifungsebene                   | 5                  | 75                     | 20    | 40    | 100 |     |
| Abkleben der Stöße in der Aussteifungsebene        | 1,5                | 22,5                   | 6     | 12    | 30  |     |
| Aufbringen der Dämmebene                           | 4                  | 60                     | 16    | 32    | 80  |     |
| Aufbringen der Winddichtung                        | 1                  | 15                     | 4     | 8     | 20  |     |
| Ablegen des Elementes in Verladedock               | 1,5                | 22,5                   | 6     | 12    | 30  |     |
| Verladen auf LKW                                   | 2                  | 30                     | 8     | 16    | 40  |     |
| Summe pro qm Wandfläche                            | 33,6               | 504                    | 134,4 | 268,8 | 672 |     |
| <b>Erstellen des Hauses</b>                        |                    |                        |       |       |     |     |
|  | <b>Zeit min/qm</b> |                        |       |       | 49  |     |
| Anlegen der Richtschwellen                         | 4                  | 60                     | 16    | 32    | 80  | 196 |
| Montage der Wände 1. Stock                         | 10                 | 150                    | 40    | 80    | 200 | 490 |
| Verlegen der Erdgeschossdecken                     | 10                 | 150                    | 40    | 80    | 200 | 490 |
| Montage der Wände 2. Stock                         | 10                 | 150                    | 40    | 80    | 200 | 490 |
| Aufrichten des Daches                              | 10                 | 150                    | 40    | 80    | 200 | 490 |
| Verschalen des Daches                              | 12                 | 180                    | 48    | 96    | 240 | 588 |
| Aufbringen der Dachdeckung                         | 12                 | 180                    | 48    | 96    | 240 | 588 |

Die Produktion der Wände erfolgt teilweise parallel, so dass die Zeit bis zur Montage um einiges kürzer wird. So werden die Brettstapelelemente gedübelt und in der Wandfertigung wird aber schon eine andere Wand gefertigt. So ist es möglich, dass ein Arbeiter die Wände dämmt, während ein anderer schon eine andere Wand von Hand bearbeitet. Und in der CNC Maschine liegt bereits dann schon eine dritte Wand. So dass es möglich ist, bis zu drei gerade Wände die noch auf die Maschine passen an einem Tag zu fertigen. Bei komplizierten Grundformen wie Dreiecke etc werden die angegebenen Zeiten nicht eingehalten. Das Gleiche gilt für Giebelwände, und Wände die breiter als 2.80 m sind für diese Art von Bauteilen ist eine Bearbeitung auf der CNC- Anlage nicht möglich ist.





---

# S&H Solar-Energiekonzepte GmbH

Hechingen

**Verbundvorhaben:** Lebenszyklusoptimierte  
Systemlösung für verdichteten Wohnungsbau  
mit Massivholztechnologie (BASYS)

**Teilvorhaben:** Parametrische Haus-  
techniksysteme für alle Medien, Integration  
CAD-Modell, Koordination, Montageerprobung

Abschlußbericht über ein Forschungsprojekt

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit  
Mitteln des Bundesministerium für Bildung und Forschung unter  
dem Förderkennzeichen 19 W 0032D gefördert. Die Verant-  
wortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den  
Autoren

Dipl.-Ing. FH Frank Schelling  
Dipl.-Ing. FH Roland Huber

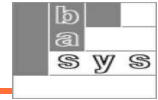
Hechingen, August 2002

## Inhaltsverzeichnis

|          |  |             |
|----------|--|-------------|
| <b>1</b> | <b>Kurzfassung</b>   | <b>1-8</b>  |
| <b>2</b> | <b>Ausgangslage</b>  | <b>2-11</b> |
| <b>3</b> | <b>Ziele</b>   | <b>3-13</b> |
| 3.1      | Gesamtziel des Verbundprojektes  | 3-13        |
| 3.2      | Wissenschaftliche und technische Zielsetzungen                             | 3-13        |
| 3.3      | Ziele des Teilvorhabens  | 3-14        |
| <b>4</b> | <b>Zusammenstellung der wesentlichen F&amp;E-Ergebnisse</b>                | <b>4-16</b> |
| 4.1      | Haustechnik-Katalog „STAMM-ZWEIGE“ und Idealtyp                            | 4-16        |
| 4.1.1    | Allgemeine – aus den Projektzielen abgeleitete - Vorgaben innerhalb BASYS  | 4-16        |
| 4.1.2    | Abgeleitete Forderungen aus den Zielen und Vorgaben                        | 4-18        |
| 4.1.3    | STAMM-ZWEIGE-Modell  | 4-20        |
| 4.1.3.1  | Grundprinzip des STAMM-ZWEIGE-Modells                                      | 4-20        |
| 4.1.3.2  | STAMM-ZWEIGE Modell  | 4-21        |
| 4.2      | Optimierte technische Erschließung und brettstapel-gerechte Installationen | 4-28        |
| 4.2.1    | Optimierte Verteilsysteme  | 4-28        |
| 4.2.1.1  | Leitbilder für Planung und Ausführung unter BASYS-Aspekten                 | 4-28        |
| 4.2.1.2  | Optimierte Verteil-Systematik in Wohngebäuden                              | 4-33        |
| 4.2.1.3  | Optimierter Wohnbautyp   | 4-36        |
| 4.2.2    | Brettstapelgerechte Installationen   | 4-42        |
| 4.2.2.1  | Der BASYS-Medienkanal  | 4-42        |
| 4.2.2.2  | Der BASYS-Sockel-/Deckenkanal  | 4-44        |
| 4.2.2.3  | Die brettstapel-integrierte Wandheizfläche                                 | 4-47        |
| 4.2.2.4  | Gekapselte Rohr-in-Rohr-Systeme  | 4-47        |
| 4.2.2.5  | Schnellverschlüsse mit integrierten Haustechnik-Verbindern                 | 4-51        |
| 4.3      | Handwerksadäquates „Reverse Engineering“                                   | 4-52        |
| 4.4      | Erweiterung der LEGOE Haustechnikelemente                                  | 4-63        |
| 4.4.1    | LEGOE-Software   | 4-63        |
| 4.4.2    | Elemente Erweiterung   | 4-63        |

|          |  |       |
|----------|--|-------|
| 4.5      | Wohngesundes Mustergebäude   | 4-66  |
| 4.6      | CAD-CAM-Kette, Fertigung, Modellproduktion                           | 4-71  |
| 4.6.1    | Randbedingungen und Einbindung der Fachplanung                       | 4-71  |
| 4.6.2    | Fertigung und Modellproduktion                                       | 4-72  |
| 4.6.2.1  | Fertigung  | 4-72  |
| 4.6.2.2  | Modellproduktion   | 4-73  |
| 4.7      | Projektbegleitende Bauvorhaben                                       | 4-78  |
| 4.7.1    | Bornstedter Feld, Potsdam  | 4-78  |
| 4.7.1.1  | Beschreibung „basysrelevanter“ Haustechnik                           | 4-79  |
| 4.7.1.2  | Optimierungsmöglichkeiten im BASYS-Kontext                           | 4-80  |
| 4.7.2    | Wohnhaus Klute   | 4-83  |
| 4.7.2.1  | Beschreibung „basysrelevanter“ Bautechnik                            | 4-84  |
| 4.7.2.2  | Beschreibung „basysrelevanter“ Haustechnik                           | 4-85  |
| 4.8      | Digitalisierte Nutzeranleitung                                       | 4-90  |
| 4.9      | Internet Plattform „basysnetz“                                       | 4-104 |
| 4.10     | Qualitätssicherung   | 4-107 |
| 4.10.1   | Qualitätssicherung im Verbundvorhaben BASYS                          | 4-107 |
| 4.10.1.1 | Projektbezogene Arbeiten   | 4-108 |
| 4.10.1.2 | Kontrollpunkte im Verbundvorhaben BASYS                              | 4-109 |
| 4.10.2   | Internetbasiertes Qualitätsmanagement-Handbuch                       | 4-110 |
| 4.10.3   | Qualitätssicherungshandbuch  | 4-111 |
| 4.10.4   | Fachkoordination   | 4-119 |
| 4.10.4.1 | Aufgaben des Fachkoordinators  | 4-119 |
| 4.10.4.2 | Leistungen des Fachkoordinators                                      | 4-120 |
| 4.11     | Aussendarstellung des Projektes durch S&H Solar-Energiekonzepte GmbH | 4-122 |
| 4.11.1   | Messen BAU München 2001 und Bautech Berlin 2002                      | 4-122 |
| 4.11.2   | Fachpresse   | 4-122 |
| 4.11.3   | Firmendarstellung  | 4-123 |
| 4.11.4   | Innovationspreis 2002, Reutlinger Solartage                          | 4-123 |
| 4.11.5   | Homepage des Verbundvorhabens BASYS                                  | 4-123 |
| 4.11.6   | Firmendarstellung S&H Solar-Energiekonzepte GmbH                     | 4-123 |
| 4.12     | CD-ROM Präsentation  | 4-124 |
| 4.13     | Rückkopplung von Projekterfahrungen an die Industrie                 | 4-126 |

|          |   |              |
|----------|---|--------------|
| 4.13.1   | Fa. JRG Gunzenhauser  | 4-126        |
| 4.13.2   | Fa. WEM-Systembau   | 4-128        |
| 4.13.3   | Fa. GABO Systemtechnik  | 4-128        |
| 4.13.4   | Fa. Wodtke  | 4-129        |
| 4.13.5   | Fa. Lackenbauer   | 4-130        |
| 4.14     | Kooperation mit F&E-Projekten   | 4-132        |
| 4.14.1   | Individuelle Massenfertigung intelligenter Häuser   | 4-132        |
| <b>5</b> | <b>Ausblick und F&amp;E-Bedarf</b>  | <b>5-135</b> |
| 5.1      | Ausblick  | 5-135        |
| 5.1.1    | Brettstapelgerechte und integrierte Haustechnik-Installationen  | 5-135        |
| 5.1.2    | Überprüfung der Forderung „100 % Revisionierbarkeit“  | 5-136        |
| 5.1.3    | LEGOE-Elemente-Erweiterung „Reverse Engineering“  | 5-136        |
| 5.1.4    | Nachhaltigkeits-optimiertes BASYS-Systemhaus  | 5-137        |
| 5.1.5    | Digitalisierte Gebäude- und QS-Dokumentationen  | 5-137        |
| 5.2      | F&E-Bedarf: Projektvorschläge   | 5-138        |
| 5.2.1    | Brettstapelgerechte Haustechnik-Integration und –Komponenten  | 5-138        |
| 5.2.2    | Lebenszyklus-Kosten einzelner Haustechnik-Elemente  | 5-138        |
| 5.2.3    | Lebenszyklus-Betrachtung „Gesundheit, Wohlbefinden, Komfort“  | 5-139        |
| 5.2.4    | Hochflexible Haustechnik-Systeme und –Komponenten   | 5-139        |
| 5.2.5    | Haustechnik-Gesamt-Module für den Wohnbereich   | 5-140        |
| 5.2.6    | Evaluation des Wohnwertewandels   | 5-140        |
| 5.2.7    | Handwerksgerechte CAD-Lösungen  | 5-141        |
| 5.2.8    | Wasser-autarkes Gebäude bzw. Wohngebiet   | 5-141        |
| <b>6</b> | <b>Ergebniskontrollbericht</b>  | <b>6-142</b> |
| 6.1      | Förderpolitische Ziele des Förderprogramms und eigene Ergebnisse                                      | 6-142        |
| 6.2      | Wissenschaftlich-technisches Ergebnis, Nebenergebnisse und gesammelte Erfahrungen                     | 6-143        |
| 6.3      | Fortschreibung des Verwertungsergebnisses   | 6-144        |
| 6.3.1    | Erfindungen und Schutzrechte  | 6-144        |
| 6.3.2    | Wirtschaftliche Erfolgsaussichten mit Zeithorizont und wirtschaftlich-funktionale Vorteile im Betrieb | 6-144        |
| 6.3.3    | Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende                              | 6-145        |



|       |   |       |
|-------|---|-------|
| 6.3.4 | Wissenschaftlich und/oder wirtschaftliche Anschlußfähigkeit für eine nächste Phase<br>in der Umsetzung der F&E-Ergebnisse | 6-145 |
| 6.4   | Arbeiten, die keine Lösung gefunden haben   | 6-146 |
| 6.5   | Präsentationsmöglichkeiten für Nutzer, Messen, CD-ROM, Internet   | 6-146 |
| 6.6   | Einhaltung von Kosten und Zeitplan  | 6-146 |

## Abbildungsverzeichnis

|                 |   |      |
|-----------------|---|------|
| Abbildung 4-1:  | Deckenkanal für Heizflächenanbindung .....                              | 4-31 |
| Abbildung 4-2:  | Modulare Raum- und Medienerschließung, Quelle: Büro J.Eble .....        | 4-37 |
| Abbildung 4-3:  | System Haustechnik-Verteilung, Quelle: Büro J.Eble .....                | 4-38 |
| Abbildung 4-4:  | Optimierter Wohnbautyp, EG .....  | 4-40 |
| Abbildung 4-5:  | Optimierter Wohnbautyp, OG .....  | 4-41 |
| Abbildung 4-6:  | Optimierter Wohnbautyp, Schnitt, .....                                  | 4-41 |
| Abbildung 4-7:  | Vertikaler Medienkanal, Quelle: M. Zwölfer, ifib .....                  | 4-42 |
| Abbildung 4-8:  | Designstudie: Medienkanal auf sichtbarer Brettstapel-Wand .....         | 4-43 |
| Abbildung 4-9:  | Design-Studie Sockel- u. Deckenkanal, Quelle: M. Zwölfer, ifib .....    | 4-44 |
| Abbildung 4-10: | Medien- und Sockelkanal, nicht sichtbarer Brettstapel .....             | 4-45 |
| Abbildung 4-11: | Design-Studie: Anschluss Wandheizfläche, Quelle: M. Zwölfer, ifib ..... | 4-46 |
| Abbildung 4-12: | Brettstapel-integrierte Wandheizfläche, Quelle: M. Zwölfer, ifib .....  | 4-47 |
| Abbildung 4-13: | Anschlussdosen eingefräst in Brettstapel .....                          | 4-48 |
| Abbildung 4-14: | druckwasserdichte Schiebemuffe als Schutzrohr-Verbinder, Bild 1 .....   | 4-49 |
| Abbildung 4-15: | Design-Studie: Arbeitsraum für Schiebemuffe .....                       | 4-49 |
| Abbildung 4-16: | Integrations-Simulation Anschlussdosen, Quelle: M. Zwölfer, ifib .....  | 4-50 |
| Abbildung 4-17: | sichtbare Leitungen mit Glasabdeckung, Quelle: M. Zwölfer, ifib .....   | 4-50 |
| Abbildung 4-18: | Definition „Ganzheitliches Handwerk“ .....                              | 4-53 |
| Abbildung 4-19: | Kostenanalyse, Investitions- und Nutzungskosten nach 10 Jahren .....    | 4-54 |
| Abbildung 4-20: | Kostenanalyse, Investitions- und Nutzungskosten nach 20 Jahren .....    | 4-55 |
| Abbildung 4-21: | Kostenanalyse, Investitions- und Nutzungskosten nach 30 Jahren .....    | 4-56 |
| Abbildung 4-22: | Rohr-in-Rohr-System .....   | 4-58 |
| Abbildung 4-23: | Aufputz-Armaturen .....   | 4-59 |
| Abbildung 4-24: | Elektronische Duscharmatur .....  | 4-60 |
| Abbildung 4-25: | Design-Studie: Busfähige haptische Duscharmatur .....                   | 4-61 |
| Abbildung 4-26: | Haustechnik-Komponenten des Mustergebäudes .....                        | 4-67 |
| Abbildung 4-27: | Mustergebäude, Ansichten .....  | 4-68 |
| Abbildung 4-28: | Mustergebäude, Grundriss EG .....                                       | 4-69 |
| Abbildung 4-29: | Mustergebäude, Grundriss OG .....                                       | 4-69 |
| Abbildung 4-30: | Mustergebäude, 3-D Schnitt 1 .....                                      | 4-70 |
| Abbildung 4-31: | Mustergebäude, 3-D Schnitt 2 .....                                      | 4-70 |
| Abbildung 4-32: | Musterbauteil, Quelle M. Zwölfer, ifib .....                            | 4-73 |

|                 |   |       |
|-----------------|---|-------|
| Abbildung 4-33: | Multifunktionsbrücke mit Steuerstand .....                            | 4-74  |
| Abbildung 4-34: | Fräsvorgang mit Multifunktionsbrücke .....                            | 4-74  |
| Abbildung 4-35: | Brettstapelintegrierte Leitungen .....                                | 4-75  |
| Abbildung 4-36: | Brettstapel-Modell bei Fertigmontage .....                            | 4-75  |
| Abbildung 4-37: | Ansicht Bornstedter Feld, Potsdam .....                               | 4-78  |
| Abbildung 4-38: | Leitungsführung (Heizung und Elektro/Kommunikation) .....             | 4-80  |
| Abbildung 4-39: | Anschluss Deckenleuchte bei sichtbarer Brettstapel-Decke .....        | 4-81  |
| Abbildung 4-40: | Zuluftbohrungen für Ventil im oberen Fensterblendrahmen .....         | 4-82  |
| Abbildung 4-41: | Südan sicht Wohnhaus Klute, kurz vor Fertigstellung .....             | 4-83  |
| Abbildung 4-42: | Solar-Synergie-Dach, ohne Zwischenbleche und Randeinfassung .....     | 4-86  |
| Abbildung 4-43: | links: Raumpellet-Ofen EG, rechts: Zugang Pelletlager OG .....        | 4-87  |
| Abbildung 4-44: | links: Pellet-Kupplungen Aussenwand, rechts: Pelletschläuche OG ..... | 4-87  |
| Abbildung 4-45: | Kunststoff-Wandheizflächen Register im Rohbau .....                   | 4-88  |
| Abbildung 4-46: | links: Installationswand, rechts Sockelkanal mit Elektrodose .....    | 4-89  |
| Abbildung 4-47: | Inspektionsanleitung: Start-Seite .....                               | 4-95  |
| Abbildung 4-48: | Inspektionsanleitung: Struktur .....                                  | 4-96  |
| Abbildung 4-49: | Inspektionsanleitung als Argumentationshilfe .....                    | 4-97  |
| Abbildung 4-50: | Kapitel: „Wo finde ich was“ .....                                     | 4-98  |
| Abbildung 4-51: | Pflegeanleitungen (1) .....   | 4-99  |
| Abbildung 4-52: | Pflegeanleitungen (2) .....   | 4-99  |
| Abbildung 4-53: | Kapitel Bedienung und Inspektion (1) .....                            | 4-100 |
| Abbildung 4-54: | Kapitel Bedienung und Inspektion (2) .....                            | 4-101 |
| Abbildung 4-55: | Beispielseite Solarkreis .....  | 4-102 |
| Abbildung 4-56: | Übersichtsseite des S&H-Bereiches auf der Plattform .....             | 4-105 |
| Abbildung 4-57: | Beispielseite des internetbasierten QM-Handbuches .....               | 4-110 |
| Abbildung 4-58: | QS-Handbuch: Scheibe auflegen (1) .....                               | 4-115 |
| Abbildung 4-59: | QS-Handbuch: Scheibe auflegen (2) .....                               | 4-116 |
| Abbildung 4-60: | Dokumente in jeweiliger Muttersprache .....                           | 4-117 |
| Abbildung 4-61: | Autorenwerkzeuge .....  | 4-118 |
| Abbildung 4-62: | CD-ROM: Startseite, Fadenkreuz auf Punkt 1 Integrale TGA .....        | 4-124 |
| Abbildung 4-63: | CD-ROM: Bild 1 Integrale TGA .....                                    | 4-125 |

# 1 Kurzfassung

Im Rahmen des Verbundvorhabens „Lebenszyklusoptimierte Systemlösungen für verdichteten Wohnungsbau mit Massivholztechnologie (BASYS)“ wurde im Teilvorhaben „Parametrische Haustechniksysteme für alle Medien, Integration CAD-Modell, Koordination, Montageerprobung“ durch die S&H Solar-Energiekonzepte GmbH der **Haustechnik-Katalog „Stamm-Zweige“** entwickelt.

Darin sind **nach Prioritäten und Bautyp geordnet**, die verschiedenen Komponenten und Verfahren der technischen Gebäudeausrüstung beschrieben, die in systemoptimierten, brettstapelgerechten Gebäuden zum Einsatz kommen sollen. Der Haustechnik-Katalog „Stamm-Zweige“ bildet den Rahmen und die Grundlage für die nachfolgenden Aspekte der technischen Gebäudeausrüstung.

Dieses, wie auch alle anderen Ergebnisse, bauen auf den **BASYS-Leitbildern** Wohngesundheit, Behaglichkeit, Flexibilität/„sich veränderndes Gebäude“, Nachrüstbarkeit, Lebenszyklus-Optimierung, kompakte und intelligente Haustechnikverteilung, regenerative Energieversorgung und nutzerfreundliche Technik auf.

Für die ausgewählten Komponenten wurden **optimierte Verteilsysteme** und **Wohnbautypen** mit zentralem Installationsschacht und Verteilung in einer abgehängten Decke im Flurbereich, unter besonderer Berücksichtigung der Holz-Brettstapel-Bauweise erarbeitet. Diese Anforderungen führten zur Entwicklung **brettstapel-gerechter Installationen** wie z.B. Medien- und Decken-/Sockelkanal, brettstapel-integrierter Wandheizflächen oder vollflächig gekapselte und austauschbare Rohr-in-Rohr-Systeme.

Lebenszyklusoptimierung, Nachrüstbarkeit, Flexibilität und Rückbau wurden dabei mit den besonderen Anforderungen der brettstapel-gerechten Fertigungsweise vereinigt.

Von herausragender Bedeutung ist die durchgängige Beachtung eines **handwerks-gerechten Reverse Engineering**. Der Lebenszyklus des Komplexsystems „Gebäude“ mit der integrierten Haustechnik wurde mit Beginn der ersten Planungen in den Fokus genommen. Dies bedeutet, dass Planung, Installation, Betrieb, Wartung, Nachrüstung, Umnutzung und Rückbau der Komponenten von Anfang an die Entscheidungen über Architektur, Grundriss, Energiekonzept, Verteilsystematik und Verknüpfung zu stadttechnischen Verbundlösungen bestimmen. Diese Vorgehensweise führt zu



**Lebenszyklus-optimierten Investitionen** und ergibt neuartige Lösungen im Vergleich zur bisher üblichen, bloßen Beachtung der Herstellung, maximal noch der Wartung.

Der **Nutzungswert** der Güter **ersetzt** den bisher üblichen **Tauschwert**. Perspektivisch wird der Erwerb einer Leistung über eine Zeitperiode den einmaligen Güterkauf ablösen.

Ein inhärenter Bestandteil des Arbeitspaketes war die **Erweiterung und Ergänzung der LEGOE-Software**, mit der die Lebenszykluskosten ermittelt und Interpretationsprogramme für Energie und Ökologie bereitgestellt wurden. Die BASYS-typischen Systemkomponenten auf Grundlage des Haustechnik-Katalogs „Stamm-Zweige“ wurden integriert.

Das Mustergebäude sowie das projektbegleitete Bauvorhaben Bornstedter Feld, Potsdam wurden mit der erweiterten LEGOE-Version berechnet. Die Ergebnisse erbrachten eine **signifikant bessere Bewertung** als konventionelle Standardgebäude.

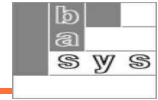
Anhand des vom Projektteam konzipierten „**wohngesunden Mustergebäudes**“ wurden erforderliche **Testläufe und Optimierungen** der entwickelten Internet-Plattform „BASYSnetz“, der Datenaustausch zwischen den verschiedenen Programmen der Projektpartner aus Architektur, Haustechnik und Statik sowie der LEGOE-Software, durchgeführt.

Die prototypische **Fertigung** von Modellbauteilen auf einem CNC-Bearbeitungszentrum erbrachte den Nachweis der möglichen **durchgängigen CAD-CAM-Kette mit Integration der Haustechnik**.

Es wurde festgestellt, dass Fräskonturen sehr exakt, in Sichtqualität herstellbar sind. Dies eröffnet neue Integrations- und Design-Lösungen. Somit ist auch die weitere Forderung „Befestigung durch Fräsung“ ohne weitere Hilfsmittel alleine durch die Fräskontur selbst möglich.

Die Integration der Haustechnik soll um Zeit und Kosten zu reduzieren ohne Wendevorgänge der Brettstapel-Elemente auskommen. Die Bearbeitung bzw. Integration der Haustechnik von nur einer Seite war eine wesentliche Planungsvorgabe, deren Umsetzung sich in mehreren Praxistests im Fertigungsprozess bewährt hat.

Anhand zweier **projektbegleiteter Bauvorhaben**, dem Bornstedter Feld, Potsdam als Standard-Variante der BASYS-Lösungen und dem Bauvorhaben Wohnhaus Klute als optimierte Brettstapelsystem-Variante, wurden die jeweils aktuellen Teilergebnisse des Verbundvorhabens laufend überprüft.



Beide Bauvorhaben wurden in Brettstapel-Bauweise erstellt und werden über Holzpellet-Heizungen, das Wohnhaus Klute zusätzlich über eine solarthermische Anlage, mit Wärme versorgt.

Im Zusammenhang mit der Baustellenmontage der Brettstapelelemente wurde im Projektzeitraum ein **elektronisches Qualitätssicherungs-Handbuch** für die **Bauausführung** entwickelt. Angesichts der enormen Zunahme an berufsnotwendigem Fachwissen sind arbeitsprozessbezogene Unterstützungsmittel für die am Bau Tätigen notwendig. In diesen prototypisch entwickelten Arbeitshilfen haben Bauhandwerker/Gesellen ihre **Arbeits-erfahrungen multimedial dokumentiert** und innerhalb des Projektverbundes an Kollegen (auch aus anderen Betrieben und Berufen) weitergegeben sowie die realisierte Ausführungslösung an Architekten und Planer zurückgekoppelt. Damit sind die prozessbegleitenden Arbeitsdokumente nicht nur ein Beitrag zur inner-, zwischen- und überbetrieblichen Kooperation, vielmehr belegen sie die "Qualität der Arbeit" über die gesamte Wertschöpfungskette.

Die durchgängige Nachhaltigkeits-Optimierung führte zur prototypischen Entwicklung einer **digitalisierten, interaktiven, objektspezifischen Nutzeranleitung**, deren primäre Aufgabe dadurch erfüllt wird, dass sie zukünftig als Bauprodukt-/Systembestandteil des Gebäudes den Kundennutzen erhöht und gleichzeitig Kundenzufriedenheit erzeugt. Darin werden dem Nutzer/Betreiber **individuelle Hilfestellungen** angeboten, wie bestimmte Bauteile inspiziert, gepflegt, gereinigt oder auch gewartet werden, damit Bauschäden infolge unterlassener Instandhaltung, unsachgemäßer Nutzung frühzeitig erkannt bzw. vermieden werden.

Der Langfassung des Berichtes liegt eine **elektronische Präsentation** des Verbundvorhabens aller Projektpartner auf **CD-ROM** bei.

Die vernetzten Ergebnisse und Arbeitsbereiche der einzelnen Verbundpartner sind dabei in selbsterklärender Weise und prägnant dargestellt.

Diese CD-ROM enthält neben dem Schlußbericht und den Anlagen des Teilvorhabens auch den im Rahmen des Vorhaben entwickelten Prototyp einer **digitalisierten Nutzeranleitung** für die haustechnische Anlage.



## 2 Ausgangslage

Der innovative Hausbau befindet sich im Umbruch. Nachhaltige Änderungen und Anpassungen in Konstruktion, Fertigung und technischem Ausbau sind die Folge. Eine weitere Rationalisierung der Fertigung ist unter den aktuellen, verschärften Marktbedingungen zu erwarten.

Häufig werden bisher ausschließlich Minimierungen der Fertigungskosten und nicht eine Optimierung auf Grund einer ökonomischen und ökologischen Lebenszyklus-Gesamtkostenrechnung angestrebt.

Die Produktion der Gebäude kann heute mit modernen CNC-Maschinen innerhalb weniger Stunden, die Montage der dann vorgefertigten Teile innerhalb weniger Tage erfolgen. Im Bereich der Haustechnik-Installation haben diese Änderungen jedoch noch kaum Einzug gehalten. Eine weitere Verbesserung, auch im Sinne nachhaltigkeits-optimierter Haustechnik-Systeme, lässt sich durch Integration der Haustechnik in die Vorfertigung erzielen.

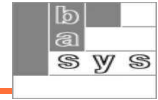
Die Projektpartner des Verbundvorhabens sind mittelständische Betriebe aus den Bereichen Planung und Fertigung sowie ein spezialisiertes Hochschulinstitut. Alle Partner haben Forschungs- oder Entwicklungsarbeiten auf dem vorgesehenen Arbeitsgebiet geleistet. Durch die Beteiligung der Partner an laufenden Bauprojekten können die Teilresultate während der Projektlaufzeit laufend praktisch erprobt werden.

Das Verbundvorhaben beruht auf einem integrierten Kommunikations-, Planungs- und Fertigungsmodell auf der Basis neuer Informations- und Kommunikationstechniken.

Die vorgeschlagene Brettstapelholz-Technologie (BST) eignet sich besonders zur Erhöhung des Vorfertigungsanteils und zu stark vereinfachten Montagetechniken.

Einen besonderen Schwerpunkt bildet die Integration von Elektro-, Heizungs-, Lüftungs- und Sanitärinstallationen. Die gesamte Prozesskette von der Planung bis zur Bauausführung wird abgedeckt, zusätzlich wird das Gebäude im Hinblick auf seinen Lebenszyklus geplant und gefertigt d.h. Unterhalt, Erneuerung und Rückbau werden berücksichtigt.

Die angestrebte Systemlösung beruht auf einer Kombination eines Bauwerkmodells auf Grundlage der Elementgliederung, Schnittstellen zwischen bereits vorliegenden Hilfsmitteln und einem sehr weitgehenden Kommunikationsmodell das in einer internet-basierten Plattform integriert ist.



Innerhalb von branchenübergreifenden Gruppen sollen die vorgesehenen Resultate von verschiedenen dezentralen mittelständischen Unternehmen sofort umsetzbar sein. Die innovative Brettstapel-Technologie kann theoretisch bei 40-50 % aller Bauvorhaben eingesetzt werden.

Im Gegensatz zu bisherigen Optimierungs- und Rationalisierungsmodellen soll der Unikatcharakter des Planungs- und Bauprozesses nicht negiert, sondern im Gegenteil voll unterstützt werden.

Die frühzeitige und systematische Einbindung der technischen Gebäudeausrüstung bei Planung und Vorfertigung der Bauelemente durch NC-gesteuerte Fräsmaschinen führt zu deutlichen Vorteilen bei Einbau und Wartung.

Die Koordination der verschiedenen Beteiligten und Gewerke geschieht innerhalb eines virtuellen Unternehmens über ein netzbasiertes Bauwerks- und Kommunikationsmodell, das auf der heute allgemein verwendeten Elementkostensystematik aufbaut (sowie standardisierten Schnittstellen wie STEP, GAEB etc. und Bestandteile von IFC).

Damit wird eine hohe Kompatibilität zu den vorhandenen Strukturen in Planungs- und Ausbaugewerken sichergestellt. Das Produktmodell ist eine Weiterentwicklung des im LEGOE-Projekt entwickelten Integrationsmodells. Es geht von existierenden CAD Systemen aus, führt automatisch eine Lebenszykluskostenberechnung und Energiebedarfsberechnung über Element- und Bauleistungskataloge aus, steuert die Fertigungsanlagen und die Arbeitsvorbereitungsprogramme der Ausbaugewerke über eine Schnittstelle an.

Die grundlegende Technologie ist der innovative massive Holzbau mit Brettstapelholzelementen, der in Zukunft von einer Vielzahl von ausführenden Betrieben übernommen werden kann. Dieses Verfahren hat sich auf Grund von Berechnungen und ersten Pilotprojekten als ökobilanzmässig vielversprechendste Technologie erwiesen.

Anstelle von fertigungsoptimierten Billiglösungen, die eine geringe Dauerhaftigkeit aufweisen, wird eine langfristige, nachhaltige Lösung durch die Koordination der Ausbauelemente mit dem Tragwerk im Hinblick auf Funktionserfüllung, Fertigungs- und Montagetechnik und Reparierbarkeit sowie Erneuerbarkeit realisiert.

## 3 Ziele

### 3.1 Gesamtziel des Verbundprojektes

Zielsetzung des Verbundvorhabens ist das Entwickeln, Validieren und Demonstrieren einer offenen Systemlösung für die Planung und Fertigung von Unikaten im verdichteten Wohnungsbau auf Basis der innovativen Massivholztechnologie „Brettstapelbauweise“ und parametrisierter Ausbaulösungen.

Es sollen langfristig optimale Lösung durch niedrige Gesamtkosten, hohe Dauerhaftigkeit, hohe Flexibilität, langfristige Anpassbarkeit, hohe Behaglichkeit und sehr geringe Umweltbelastung entwickelt werden.

Die Kopplung von Planung, Fertigung und Montage über ein netzbasiertes, digitales Bauwerks- und Kommunikationsmodell soll realisiert werden. Für diese Zielerreichung wird der Zusammenschluss der multidisziplinären mittelständischen Projektpartner zu einem virtuellen Unternehmen angestrebt.

Die laufende Überprüfung und Validierung der Teilresultate soll in realen Bauprojekten durchgeführt werden.

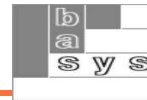
Die Demonstration des Gesamtsystems soll zum Ende des Projektes vorliegen.

### 3.2 Wissenschaftliche und technische Zielsetzungen

Planung, Fertigung und Montage von verdichteten Wohnbauten, im wesentlichen Wohnungsbau, soll im Rahmen einer virtuellen Unternehmung über ein netzbasiertes, digitales Bauwerks- und Kommunikationsmodell entwickelt werden. Dies dient als Grundlage für die Einführung der neuen Brettstapelholz-Technologie und die Integration von parametrisierten, vofabrizierten Modulen in Innenausbau und Haustechnik.

Die Kopplung von CAD, AVA, numerisch gesteuerter Fertigung von Tragwerk und Ausbauelementen (CAM) sowie Bauablaufplanung als durchgehende, offene Lösung für KMU soll demonstriert werden.

Eine weitgehende Vorfabrikation von aufeinander abgestimmten Modulen von Tragwerk, Innenausbau und Haustechnik soll ein schnelleres, effektiveres und fehlerfreies Bauen und Installieren erlauben.



Der Einsatz von Simulationstechniken zur Optimierung der Montage über eine virtuelle Baustelle und zur Ausbildung von Arbeitskräften in neuen Unikat-Montageabläufen mittels Visualisierung und Rückkopplung von Erfahrungswissen soll demonstriert und aufgezeigt werden.

Die systematische Weiterentwicklung der innovativen Massivholztechnik des unbehandelten, zweitklassigen Brettstapelholzes soll erreicht werden. Hierzu sollen alle relevanten anforderungsorientierten Kriterien wie Wärmeschutz, Schallschutz, Brandschutz, Dauerhaftigkeit, Umweltverträglichkeit etc. abgeklärt werden.

Eine integrierte Lebenszyklusberechnung für Kosten, Energie und Umweltbelastung ist für die zu entwickelnden Techniken und Verfahren durchzuführen. Hierbei soll die Minimierung der lebenszyklusbezogenen Gesamtkosten (Bau-, Unterhalt-, Erneuerungskosten) und die Maximierung der Nachhaltigkeit, als Grundlage der Optimierung, im Vordergrund stehen.

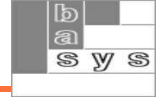
Die Entwicklung und Erprobung interdisziplinärer, berufsbegleitender und betriebsinterner Aus- und Weiterbildungskonzepte und Qualifizierungsmaßnahmen wird angestrebt.

### **3.3 Ziele des Teilvorhabens**

Innerhalb des Teilvorhabens „Parametrische Haustechniksysteme für alle Medien, Integration CAD-Modell, Koordination, Montageerprobung“ soll sich durch eine gezielte Vorfertigung von Teilbereichen des Gebäudes, insbesondere der Problemzonen, die sich durch einen hohen Komplexitätsgrad während ihrer Montage, bzw. Installation auszeichnen, die handwerklich zu beherrschende Gesamtkomplexität auf der Baustelle reduzieren.

Die gezielte Auslagerung von Bautätigkeiten in eine industrielle NC-gesteuerte individuelle Vorfertigung soll bewirken, dass innerhalb dieser Bereiche das Gebäude vorhersagbarer, fehlerresistenter, und mit geringeren Toleranzen entsteht, was wiederum der Demontabilität, Nachrüstbarkeit und Recyclbarkeit der verwendeten Systeme zugutekommt. Eine daraus resultierende genaue Dokumentation der Lage und Art der eingebauten Produkte unterstützt in Kombination mit lösbaren Verbindungen und Verblendungen die Pflege und Demontage der Installationen nachhaltig.

Durch eine deutliche Kennzeichnung dieser vorgefertigten Komponenten sollen darüber hinaus auch die dazwischenliegenden konventionell zu erstellenden Bereiche des Gebäudes prägnanter und für die weitere Montage transparenter werden. Die Auslagerung von



klassischen Aktivitäten des Ausbaus und ihre Fertigungsintegration mit dem Rohbau soll für die Gebäudeerstellung einen eindeutigen Zeitgewinn bedeuten. Dieses erzwingt jedoch für alle Beteiligten insgesamt eine höhere Planungs- und Koordinationsleistung.

Folgende Teilziele wurden verfolgt:

- Entwicklung bzw. Integration nachhaltigkeitsoptimierter Haustechnik-Systeme und -Komponenten in den Planungs-, Herstellungs-, Montage- und Betriebsprozess
- Erhöhung des Vorfertigungsgrades von Bauteilen bzw. dem Gesamtsystem Bauwerk, hier insbesondere erhöhte Vorfertigung durch Integration der Leitungsverteilsysteme
- Entwicklung nachhaltigkeitsoptimierter Haustechnik-Verteilsysteme mit korrespondierenden Grundrissen (Schnittstelle Architektur)
- Entwicklung und Integration von Systemen und Verfahren zur Beachtung von Wartung, Nachrüstung, Umnutzung und Reverse Engineering im Wohnungsbau
- Integration aller haustechnischen Systeme aufbauend auf dem Bauwerksmodell (CAD)
- Koordination der Technischen Gebäudeausrüstung (Partnerfirmen im Verbund)
- Fertigungs- und Montageplanung
- Realisierung eines Demonstrationsprojektes
- Entwicklung und Erprobung benutzerfreundlicher Aufarbeitungen und Aufbereitungen des vorhandenen Erfahrungswissens in Bau- und Haustechnik mittels neuer Medien (Nutzeranleitungen)

## 4 Zusammenstellung der wesentlichen F&E- Ergebnisse

### 4.1 Haustechnik-Katalog „STAMM-ZWEIGE“ und Idealtyp

#### 4.1.1 Allgemeine – aus den Projektzielen abgeleitete - Vorgaben innerhalb BASYS

Nachfolgend aufgeführte Leitbilder und Vorgaben stellen die Grundprinzipien dar, nach denen innerhalb des Verbundvorhabens BASYS Entwicklungen und Umsetzungen durchgeführt werden.

Sie stellen die grundsätzlichen Leitlinien dar, anhand derer die Entscheidungen bzw. das Handeln gemessen wird.

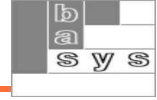
##### **Behaglichkeit, Gesundheit**

Im Mittelpunkt aller Überlegungen steht das Wohlempfinden des Nutzers. Dabei werden nicht nur objektiv messbare und bewertbare Größen wie z.B. Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit oder Kohlendioxid-Gehalt der Luft in die Überlegungen mit einbezogen, sondern auch schwierig objektiv zu bewertende Faktoren wie z.B. die höher zu bewertende Behaglichkeit von Niedertemperatur-Wandheizflächen mit sehr hohem Wärmestrahlungsanteil gegenüber konventionellen Radiatorheizungen mit hohem Konvektionsanteil der Wärmeabgabe.

##### **Flexibilität - „sich veränderndes Gebäude“**

Alle haustechnischen Systeme sollen eine hohe Flexibilität aufweisen. D.h. im optimalen Fall soll ein Gebäude mehrfach umnutzbar sein, ohne dass gravierende Änderungen an der Haustechnik, insbesondere der Leitungswege und -trassen erforderlich werden. So kann z.B. über einen Kombi-Pufferspeicher für Warmwasser und Heizung mit direkt angrenzendem Installations-Schacht an einem Fixpunkt wie der Treppe nahezu jedes Energiekonzept für dieses konkrete Gebäude realisiert werden, selbst wenn Raumnutzungen und Energieerzeugung wechseln.





### **Nachrüstbarkeit**

Neben der oben beschriebenen Flexibilität sollen jedoch auch Nachrüstungen bei unveränderter Nutzung möglich sein. So sollen z.B. heutige Gebäude zumindest die Nachinstallationsmöglichkeit für intelligente Gebäudetechnik bzw. Hausautomation aufweisen. D.h. der Raumbedarf für Nachinstallationen, z.B. zusätzliche Fräsungen mit Leerrohren, müssen vorhanden sein bzw. müssen zumindest simuliert und somit möglich sein.

### **Lebenszyklus-Optimierung**

Nicht, die wie heute meist übliche Reduktion der Investitions-Kosten und die damit verbundene Optimierung des Bauverlaufs, steht im Mittelpunkt der Überlegungen, sondern der Fokus richtet sich auf den Lebenszyklus eines Gebäudes inkl. Nutzung, Wartung, Umrüstung und Demontage. In diesem Zusammenhang werden auch Stoffströme und Schadstoffe bewertet und betrachtet.

### **Kompakte, intelligente Haustechnikverteilung**

Um mit möglichst geringem Energieaufwand Haustechnik-Verteilsysteme zu erstellen und zu betreiben ist eine kompakte und intelligente Haustechnikverteilung erforderlich. D.h. kurze Leitungswege müssen mit reversiblen und flexiblen Komponenten realisiert werden.

### **Regenerative Energieversorgung**

Oberste Priorität für eine nachhaltige Energieversorgung hat der Einsatz regenerativer Energien. Hierbei ist im regionalen Masstab ein Energiemix aus Biomasse, Solarenergie, Wind und Wasserkraft anzustreben. Bereits heute können Gebäude problemlos zu 100 % regenerativ mit Wärme und Strom versorgt werden.

### **Nutzerfreundliche Technik**

Alle Maßnahmen werden jedoch nur dann langfristig Erfolge aufweisen, wenn auch der Mensch als Nutzer sich mit dem Bauwerk und der darin befindlichen Technik identifiziert und annimmt. D.h. Transparenz der Technik, Variabilität der Sollwerte sowie Kenntnis der Einflussnahmemöglichkeiten und deren Auswirkungen auf die technischen Systeme sind unabdingbar. Den Nutzern muss mittels geeigneter Massnahmen die Technik verdeutlicht und erklärt werden.

#### 4.1.2 Abgeleitete Forderungen aus den Zielen und Vorgaben

Die Nutzungsphase eines Gebäudes, tritt im Vergleich zu bisher in herkömmlichen Planungen fast ausschließlich betrachteter Herstellung sehr stark in den Vordergrund. D.h. Nutzung, Wartung, Pflege- und Instandhaltungszyklen nehmen eine wesentlich größere Bedeutung ein.

Dies bedeutet, dass energieeffiziente, langlebige und reparaturfreundliche Produkte und Bauverfahren innerhalb einer Gebäude-Lebenszyklus-Betrachtung in der Regel eine höhere Wirtschaftlichkeit aufweisen als vermeintlich preiswertere Komponenten und Verfahren, bei denen ausschließlich die Investitionssumme betrachtet wird.

Es müssen Systeme zum Einsatz kommen, die neben optimierten Pflege- und Instandhaltungsverfahren auch eine einfache Nachrüstung bzw. Umnutzung ermöglichen, ohne dass eine komplette Demontage bzw. ein starker Eingriff in die Bausubstanz notwendig wird.

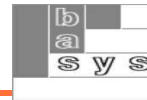
Wird ein Gebäude über einen Zeitraum von z.B. 80 Jahren betrachtet, ist davon auszugehen, dass die Nutzung im Rahmen der sich verändernden Lebens- bzw. Arbeitsbedingungen und des technischen Fortschrittes sich mehrfach ändert.

Hierfür sind Planungswerkzeuge in Form von Checklisten und Software einzusetzen bzw. zu entwickeln, die den am Bau Beteiligten die zugrundeliegende Datenmasse auf einfache Weise zur Verfügung stellen.

Digitalisierte und somit flexible Nutzungsanleitungen und Gebäudepässe oder –Akten müssen das Objekt von der Planung, Herstellung, Modernisierung und Nachrüstung bis zur Demontage „begleiten“.

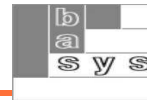
Nicht nur die monetären, betriebswirtschaftlichen Daten sind hierbei von Interesse, sondern auch die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Entscheidungen. D.h. der Einsatz regional erzeugter, regenerativer Energie für die Versorgung der Gebäude bringt während der technischen Lebensdauer der Komponenten entscheidende Vorteile und reduziert sich nicht auf die bloße Betrachtung der Investitionskosten.

Des weiteren müssen die am Planungsprozess Beteiligten auch Vorkehrungen treffen um einen geordneten Rückbau mit hohem Bauteil-, Material- und Stoffrecycling zu ermöglichen bzw. zu vereinfachen.



Die hier beschriebenen Forderungen bzw. Vorgehensweisen decken sich in weiten Bereichen mit den Grundsätzen des „Leitfaden Nachhaltiges Bauen“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen. Der Leitfaden ist eine Arbeitshilfe für die Planung, das Bauen, die Bauunterhaltung, den Betrieb und die Nutzung auf und von Liegenschaften oder Gebäuden des Bundes. Mit dem Leitfaden sollen ganzheitliche Grundsätze in den oben beschriebenen Bereichen umgesetzt werden. [17]

Um diese Ziele effektiv zu verfolgen bedarf es geeigneter Bewertungsmechanismen, die den Aufwand für ein Gebäude während seiner Gesamtlebensdauer wirtschaftlich, bestenfalls auch volkswirtschaftlich, bewerten. (Hierzu siehe auch Bericht des Verbundpartners und Projektkoordinators Holger König, Fa. Ascona, Gröbenzell.)



## 4.1.3 STAMM-ZWEIGE-Modell

### 4.1.3.1 Grundprinzip des STAMM-ZWEIGE-Modells

Das sogenannte Stamm-Zweige-Modell enthält die Auflistung und Darstellung der in BASYS-Gebäuden potentiell zum Einsatz kommenden optimierten Haustechnik.

Die Haustechnik-Komponenten wurden auf Basis der allgemeinen Ziele und Vorgaben (siehe 4.1.1) innerhalb des Verbundvorhabens entwickelt bzw. aus am Markt angebotenen Komponenten ausgewählt.

Grundlage bilden die übergreifenden optimierten Lösungen der Haustechnik-Verteilung, wie vertikale Mehrsparten-Installationsschächte mit durchgängig angepasster Grundrisszonierung und horizontalen Verteilkanälen. Siehe hierzu auch Haustechnik-Verteilung / Technische Erschließung – optimierte Lösungen.

Beispiele der Technik-Komponenten sind in 4.7 projektbegleitende Bauvorhaben beschrieben.

Effiziente, am Markt erhältliche Komponenten wurden ebenfalls integriert (Mehrsparten-Hauseinführungen u. –Anschlussschränke, gewerkeübergreifende Baukastensysteme für Heizung, Lüftung, Sanitär und Elektro / Telekommunikation).

Aufbauend auf diese Komponenten der Haustechnikverteilung wurden für Heizung, Lüftung, Sanitär und Elektro / Telekommunikation jeweils optimierte und effiziente, technische Verfahren oder Produkte ausgewählt sofern sie bereits am Markt erhältlich sind. Andernfalls wurden Lösungsvorschläge erarbeitet und angedacht um diese Lücken zu füllen.

Beispiel hierfür ist der Bereich Wärmeversorgung, mit vorzugsweise regenerativer Energieversorgung. Hierbei sollen Holz-Pellet-Anlagen und thermische Solarkollektoren, idealerweise als Synergiedach für Strom und Wärme zum Einsatz kommen. Beispiel siehe 4.7 projektbegleitende Bauvorhaben.

Bei der Wärmeverteilung z.B. wird neben Effizienz, sehr großer Wert auf Behaglichkeit für die Nutzer gelegt, so dass die optimalen Komponenten Niedertemperatur-Wandheizflächen mit gleichmäßigem Wärmestrahlungsanteil darstellen, siehe Anlage 1, [3].

Im Bereich Sanitär liegt eine Hauptinnovation im Einsatz von Rohr-in-Rohr-Systemen als Einzapfstellen-Versorgung. Diese Systeme ermöglichen die einfache, zerstörungsfreie Nach-

rüstung verschiedener Wasserqualitäten (Trink-, Regen- und Betriebswasser) und stellen somit hinsichtlich Flexibilität ein Optimum an Freiheitsgraden zur Verfügung.

Die Elektroinstallation soll neben baubiologischen Kriterien vor allem die zerstörungsfreie Nachrüstbarkeit für BUS-Systeme beinhalten. Das heisst Leerrohre und Leitungskanäle sollen zumindest vorgehalten werden.

#### **4.1.3.2 STAMM-ZWEIGE Modell**

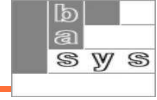
Die Basis- bzw. die Mindestvariante für das Stamm-Zweige-Modell der Haustechniksysteme stellt das baubegleitende Bauvorhaben „Bornstedter Feld, Potsdam“ (siehe 4.7.1) dar. Die Minimalkomponenten sind dort beschrieben.

Nachhaltigkeitsoptimierte Komponenten, die auch den oben beschriebenen erhöhten BASYS-Anforderungen gerecht werden, sind nachfolgend angeführt:

#### **STAMM: Haustechnik-Verteilung**

##### **Haustechnik-Verteilung in bestehenden Grundrissen mit Unterkellerung:**

- Vertikale Mehrsparten Installationsschächte (HLSE) [2] mit Revisionsöffnungen, optional als vorgefertigte Einheit (z.B. Installationsregister oder Eigenentwicklung), angrenzende, übereinanderliegende Sanitärzellen (durchgängige Zonierung)
- Horizontale, kombinierte wandadaptierte und / oder wandintegrierte Verteilkanäle für Heizung u. Elektro / Kommunikation mit Revisionsöffnungen oder frei zugängliche Multi-Funktions-Kanäle als BASYS-typisches Element
- Sichtbare Abhängung, optional als Installationsfläche für Beleuchtung, Bildaufhängung, Integration Gebäudeautomation (z.B. Lichtsensoren, Rauchmelder)
- Lüftungs-Verteilung längs zu Brettstapel in Decke, quer zu Brettstapel unter Decke als gestalterisches Element (z.B. durchsichtiges Glasrohr) oder abgehängt / verkleidet
- Optional Mehrsparten-Hauseinführungen [4] und vorgefertigte Mehrsparten-Hausanschlußschränke [5] für Wasser, Strom, Telekommunikation und eventuell Gas
- Optional gewerkeübergreifendes, vorgefertigtes Baukastensystem für Heizungs-, Lüftungs-, Sanitär- und Elektrotechnik als Funktionsbausteine in Wandeinheit [6], [20]



### **Haustechnik-Verteilung in bestehenden Grundrissen ohne Unterkellerung:**

- Siehe oben, zusätzlich:
- Hauswirtschaftsraum (HWR) oder in Wohnraum integrierbare Technik möglichst am vertikalen Installationsschacht
- Optional Bodenkanäle [19]

### **Optimierte Grundrisse mit Unterkellerung:**

- Siehe oben, zusätzlich:
- Küche an vertikale Installationsschächte

### **Optimierte Grundrisse ohne Unterkellerung**

- Siehe oben, zusätzlich:
- Hauswirtschaftsraum oder in Wohnraum integrierbare Technik möglichst am vertikalen Installationsschacht
- Optional Bodenkanäle

### **Optimaler Grundriß mit Unterkellerung**

- Siehe oben, zusätzlich:
- Flexible, veränderbare Grundrisse mit anpassbarer Haustechnik für Umnutzungen
- Flexibel „einsetzbare“ Grundrisse für Versorgung über Siedlungskonzept oder Einzelversorgung
- Alle Abwasser- und Abluftnutzungen an 1 bis 2 vertikale Installationsschächte
- Zentraler Installationskern: Kompakte Haustechnik mit sehr kurzen Wegen, Ver- und Entsorgungsleitungen Heizung, Lüftung, Sanitär, Elektro möglichst direkt aus vertikalem Installationsschacht an Verbraucher

### **Optimaler Grundriß ohne Unterkellerung**

- Siehe oben, zusätzlich:
- Hauswirtschaftsraum oder in Wohnraum integrierbare Technik möglichst am vertikalen Installationsschacht
- Optional Bodenkanäle

## **ZWEIGE: Ausstattung, Alternativen, Optionen bzw. zukünftig**

### **Heizung**

**Wärmeerzeugung:** Vorzugsweise Regenerative Energieversorgung, jedoch offen für andere Systeme

#### **Einzelversorgung je Wohneinheit:**

- Holz-Pellet-Zentralheizung (z.B. System Wodtke, zwingend mit thermischer Solaranlage, einsetzbar je nach tatsächlichem Grundrißtyp), Pufferspeicher mit integrierter Warmwasserbereitung und eventuell thermischer Solaranlage
- optional vorgefertigtes Haustechnik-Modul [20] (Wärmeerzeuger, Lüftungsanlage, Wasserversorgung, Elektro & Kommunikation), evtl. ausgelagert aus Gebäudehülle oder mit Öffnungen in Gebäudehülle um Austauschbarkeit „am Stück“ zu gewährleisten (Reverse Engineering)

#### **Siedlungskonzept:**

- Nahwärmekonzept mit Technikzentrale und Übergabestation in den Wohneinheiten, vorzugsweise Biomassefeuerung, jedoch offen für andere Systeme (z.B. Standard-Blockheizkraftwerke)
- Option: Vorgefertigtes Haustechnik-Modul (Wärmeübergabe-Station, Lüftungsanlage, Wasserversorgung, Elektro & Kommunikation)
- Option: Thermische Solaranlage als Ergänzung für Warmwasserbereitung und eventuell zur Heizungsunterstützung
- Fernwärme-Versorgung

Zukünftig optional: Wasserstofftechnik (Brennstoffzelle), Biomasse- Blockheizkraftwerke

Option: Bei Einzelversorgung und Siedlungskonzept:

- Solarfassade (Einzelkomponenten oder Kombinationen aus Transparente Wärme-Dämmung (TWD), thermischer Solaranlage und Photovoltaik-Module)
- „Dämmen mit Solarstrahlung“ durch Aufhebung des Temperaturunterschiedes (nicht vergleichbar mit TWD, da kein aktiver Eintrag), z.B. ESA-Solarfassade (Kartonwabe mit Glasabdeckung, farbliche Gestaltung möglich)

- Synergiedach (Einzelkomponenten oder Kombinationen aus Solarkollektoren, Photovoltaik-Modulen und Dachflächenfenster) als architektonisch hochwertige Lösung mit den möglichen Funktionen Belichtung, Wärme- und Stromproduktion [7]

Geothermie (standortabhängig)

### **Wärmeverteilung/-abgabe:**

#### **Wand- und Deckenheizflächen (Niedertemperatur)**

- als wand-adaptiertes System (Vorteile für Reverse Engineering, Umnutzung)
- als wand-integriertes System
- optional Türheizfläche (Neuentwicklung)

Deckenheizungen haben bei sonst gleichen Bedingungen, aufgrund der geringeren konvektiven Wärmeabgabe, eine um ca. 20 % geringere Leistung [3]. Wenn der Einsatz von Wandheizflächen möglich ist, sollte diesen unter Kostenaspekten der Vorzug eingeräumt werden. Demgegenüber kann die aktive Fläche einer Deckenheizung nicht von den Bewohnern „zugestellt“ werden.

Zusätzlich kann mit Flächenheiz-Systemen der Komfort-Aspekt einer sommerlichen passiven Kühlung z.B. über Frischwasser-Durchströmung realisiert werden.

Decken- und Wandauslassventile bei Kombination Luftheizung mit Lüftung (Option Luftheizung bei Passivhaus-Standard, aus Komfortgründen sollte auf zusätzliche Heizflächen in den Hauptnutzungsräumen nur in Ausnahmefällen, z.B. bei extremem Kostendruck, verzichtet werden), siehe Anlage1.

## **Lüftung**

### **Niedrigst-Energie-Häuser**

- Kontrollierte Be- und Entlüftungsanlage (ohne Wärmerückgewinnung) mit Lüftungselementen in Fenstern / Wand und Abluftabsaugung über WC / Bad und Küche optional mit Ionisation



## Passivhäuser

- kontrollierte Zu- / Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung, zentrale Außen- und Fortluftführung, Ablufträume WC / Bad und Küche, Zulufräume Wohnen / Arbeiten / Eltern / Kinder [20], [22]
- optional Wärmeverteilung über Zu- / Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (aus Komfortgründen sollte auf zusätzliche Heizflächen in den Hauptnutzungsräumen nur in Ausnahmefällen, z.B. bei extremem Kostendruck, verzichtet werden), (s. Anlage 1)
- optional mit Ionisation
- Außenluft-Vorerwärmung bzw. –Kühlung bei zentralen Anlagen mit Wärmerückgewinnung über Erdwärmetauscher [21] (Wärmetauschermedium Luft) oder Sole-Register (Wärmetauschermedium Wasser-Glykol-Gemisch)

Optional Zentral-Staubsauger-Anlage als separates Gerät

## Sanitär

Wassersparen / -substituieren (Ausschöpfung aller bekannten Maßnahmen)

Durchgängige Zonierung (Abwasser-Nutzung direkt an Installationsschacht)

## Wasserkonzept

- Rohr-in-Rohr-Systeme, siehe 4.2.2, für jeden Verbraucher ab Verteiler, somit können „unterschiedliche Wasserqualitäten für unterschiedliche Zwecke“ einfach realisiert / nachgerüstet werden
- Beachtung des naturnahen Wasser- / Nährstoffkreislaufes

Optionen:

- Vorgefertigte Brettstapel-Vorwandelemente z.B. für WC
- Aufputz-Installation
- vorgefertigte Sanitärzellen (marktgängig oder Eigenentwicklung)
- Energiegewinnung aus Schwarzwasser
- Wasserenergetisierung (zentral od. dezentral je Wohneinheit). Als Siedlungskonzept ist die zentrale Lösung ein Brunnenhaus

Regenwasser-Nutzung: Regenwasser für WC, optional Waschen, Garten

Alternativ: Trocken-Trenn- bzw. Kompost-Toilette

Siedlungskonzept: Regenwasserbewirtschaftung

Integriertes Wasserkonzept (Option bzw. zukünftig):

- Wassersparen (alle Potentiale bei Armaturen und Sanitärkeramik, z.B. auch Urin-separierungs-Toilette, Urinverwendung in ökologischem Landbau als hochwertiger Dünger, evtl. Doppelnutzung der Fäkalienleitung für Urinableitung mit zeitge-steuertem Schieber)
- Grauwassersammlung und Reinigung, z.B. zur Verwendung für Toilettenspülung und Gartenbewässerung [10]
- Restbedarf über kommunales Trinkwasser
- Regenwasser größtenteils direkt in den natürlichen Wasserkreislauf rückführen (Versickerungsmulden, Straßenrigolen), kleiner Anteil in Zisterne für Gartenbewässerung)
- Ökologische Abwasserbehandlung (Sedimentation, Tauchtropfkörperanlage) mit lokaler Nährstoffrückgewinnung in „Living-machine“ bzw. Aquakulturbereich (weitere Wasserreinigung in Fischteich-Treibhaus-Verbund mit Nutzpflanzen und -tieren, z.B. Tomaten, Gurken, Fische, Krebse) auch als Visualisierungs- und somit Motivationsmaßnahme

## **Elektro / Kommunikation**

- Baubiologische und halogenfreie Elektroinstallation, [16]
- Vorbereitung für Intelligente Gebäude / Gebäudeautomation, Nachrüstung muss einfach realisierbar sein (je Raum mindestens eine Kommunikationsdose, Türen u. Fenster müssen mit Kommunikations-Leitungen anfahrbar sein)

Option bzw. zukünftig

- Solarstromanlage (möglichst gebäudeintegriert als hochwertige architektonische Lösung, In-Dach, Fassade, Vorbauten), siehe auch Synergiedach (Wärmeerzeugung / Option)

Siedlungskonzept zur Stromerzeugung je nach örtlichen Gegebenheiten Einsatz von Biomasse, Wind, Wasser, Sonne

BUS-Technologie mit allen Möglichkeiten, z.B.

- internes Lastmanagement (auch für Siedlungskonzept)
- Sensor-Aktor-Komponenten (Bsp. : Panikschalter, Anwesenheitssimulation, Bewegungsmelder für Lichtsteuerung u. Alarmanlage, Rauchmelder, ... )
- Zentraler Touch-Screen-Monitor (Display für Visualisierung und Auswertung der Ist-Zustände (Technik u. Energiekennzahlen) sowie direkte Ansteuerung der Einzelkomponenten)
- „Dienstleistungs-Box“ an Eingangstür
- Intelligente Weiße Ware kombiniert mit HES-System (Home Electronic System) zur Überwachung

Die Komponenten des STAMM-ZEIGE-Modells stellen in unserem Teilvorhaben die Basis für die weiteren Arbeiten und Aussagen im Verbundvorhaben BASYS dar.

Ausgehend von diesen Festlegungen wurden alle weiteren Arbeiten im Bereich optimierte Lösungen, Reverse Engineering, Erweiterung der Haustechnik-Elemente für LEGOE und Mustergebäude in den nachfolgenden Kapiteln erarbeitet.

## 4.2 Optimierte technische Erschließung und brettstapel-gerechte Installationen

### 4.2.1 Optimierte Verteilsysteme

#### 4.2.1.1 Leitbilder für Planung und Ausführung unter BASYS-Aspekten

Die übergeordneten BASYS-Ziele

- Behaglichkeit, Gesundheit
- Flexibilität
- Nachrüstbarkeit
- Lebenszyklus-Optimierung
- Regenerative Energieversorgung
- Nutzerfreundliche Technik

sowie die daraus abgeleiteten Forderungen zur Integration der Nutzungsphase und der Lebens-Zyklus-Betrachtung in die Gebäudeplanung (siehe 4.1.1 und 4.1.2) stehen auch hier im Zentrum der Überlegungen und sollen bei den optimierten Lösungen durchgängig Beachtung finden.

Es müssen also Systeme vorgedacht werden, die neben optimierten Pflege- und Instandhaltungsverfahren auch eine einfache Nachrüstung bzw. Umnutzung der verschiedenen Technologien ermöglichen. Dabei sollte weder eine komplette Demontage noch ein starker Eingriff in die Bausubstanz notwendig werden.

Ausserdem muss ein geordneter Rückbau mit hohem Bauteil-, Material- und Stoffrecycling durch die integrale Planung des Bauteams ermöglicht werden.

Diese Vorgehensweise führt zu einer Verschiebung der Wertigkeiten von der Reduktion der Investitionskosten hin zur Optimierung der Lebens-Zyklus-Kosten, im Idealfall mit volkswirtschaftlichem Ansatz. Im Verbundvorhaben wird für diese Bewertungen die Software LEGOE (siehe 4.4, bzw. Bericht des Verbund-Partners König, Fa. Ascona) eingesetzt.

| <b>Optimierte Haustechnik-Verteilung</b>                                 |  |   |
|--|--|---|
| <b>Entwickelte Leitbilder für Planung &amp; Ausführung</b>               |  |   |
| <b>Konsequenzen für Architektur UND Haustechnik</b>                      |  |   |
| <b>Art</b>   | <b>Beschreibung</b>  | <b>Vorteile</b>   |
| Modularer, hierarchischer Aufbau der Technik (-Anordnung), siehe 4.2.1.3 | Installationszonen verschiedener Zugänglichkeitsstufen: (nach abnehmender Priorität) <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Regelwartung, Verschleißteile</li> <li>2. Langlebige, bewegte od. elektrische / elektronische Bauteile</li> <li>3. Langlebige nicht bewegte Bauteile (z.B. Leitungen) ohne Wartungsaufwand während Lebensdauer</li> </ol> | Zugänglichkeit / Reparaturfähigkeit                     |
| Installationsschächte / -Kern, siehe 4.2.1.3                             | Bündelung von Leitungstrassen mit abgestufter Zugänglichkeit (s.o.), Nachrüstmöglichkeiten (Raumbedarf vorsehen!), eventuell Komplettaustausch durch statisch selbsttragenden Schacht / Kern ermöglichen [2], [3]  | s.o., Nachrüstung, Umnutzung einfach zu realisieren     |
| Hierarchische Verteilung, siehe 4.2.1.3                                  | z.B. Fixsystem für Hauptverteilung in Schacht entlang Sanitär-, Technikraum, Treppe und Küche, Unterverteilung ab Schacht veränderbar für Wohnräume, flexible Wände mit wenig bzw. keiner Leitungsführung  | Flexible Grundrisse für verschiedene Lebensabschnitte   |
| Frei zugängliche Leitungsführung, siehe 4.2.2                            | Beispiel: Decken-/Sockelkanal mit reversibler Abdeckung und Raumbedarf für Nachrüstungen oder offen, in Nut verlegte Rohre einer Wandheizfläche  | s.o.  |
| Zugängliches Haustechnik-Modul   | Bestenfalls von außen zugängliches Haustechnikmodul, bzw. direkt nach Haupteingang.  | Erleichterung von Wartung / Nachrüstung / Umnutzung und |

|   |  |  |
|---|--|--|
|   | Transportwege und Maße beachten (v.a. Breite), eventuell vorsehen einer (teilweise) abnehmbaren Außenwand um große Öffnung für Austausch von Technikkomponenten oder Komplett-austausch eines Technikmoduls zu ermöglichen (v.a. Wasserspeicher, Wärmeerzeuger)  | Contracting durch Fachfirma                                |
| Gebäude-Handbuch (digitalisiert), siehe 4.8 | Dokumentation Gebäudetechnik (Lage, Dimension, Material, Verbindungsarten), inkl. Kapitel Nutzerhandbuch (Bedienungs- u. Wartungsanleitungen, Verhaltensvorschläge zu „Energiesparen mit Komfort“)   | Eindeutigkeit der Technik, durchgängige Nutzer-Anleitungen |
| Umnutzbare Technikkomponenten               | <p>a) Heizung: Kombi-Pufferspeicher für Warmwasser und Heizung ermöglicht jegliche Art der Energieerzeugung/-Bereitstellung ohne Austausch</p> <p>b) Sanitär: Rohr-in-Rohr-System ab Verteiler als Einzapfstellen-Versorgung bzw. Versorgung von Zapfstellen gleicher Nutzung ermöglicht Änderung der Wasserversorgung sowie Reparatur im „eingebauten“ Zustand (siehe 4.2.2)</p> <p>c) Mehrsparten-Hausanschluß: mit Mantelrohren um Nachziehen / Austausch von Medienrohren zu ermöglichen [4]</p> <p>d) „Mobiler Küchenblock“, ermöglicht über mehrfach vorgesehene Abwasseranschlüsse, Zuleitungen z.B. über Decke</p> | Flexibilität   |

|   |  |  |
|---|--|--|
| Optionale Nachrüstungen vorbereiten   | z.B. Vorbereitung für einfache Nachrüstung Gebäudeautomation, Solarthermie, Photovoltaik (Leerrohre, Zählerplatz, Kommunikationsdose, Raumbedarf Installationskanäle / Schächte und „Technikraum“..) | s.o.   |
| Ökologisch hochwertige Materialien ohne Schadenspotential (biotisch u. abiotisch) | Trockenbau-Lehmwandheizflächen mit geringem / keinem Schadstoffanteil und geringen fossilen Materialien  | Außer Massenstrom keine negativen Auswirkungen |

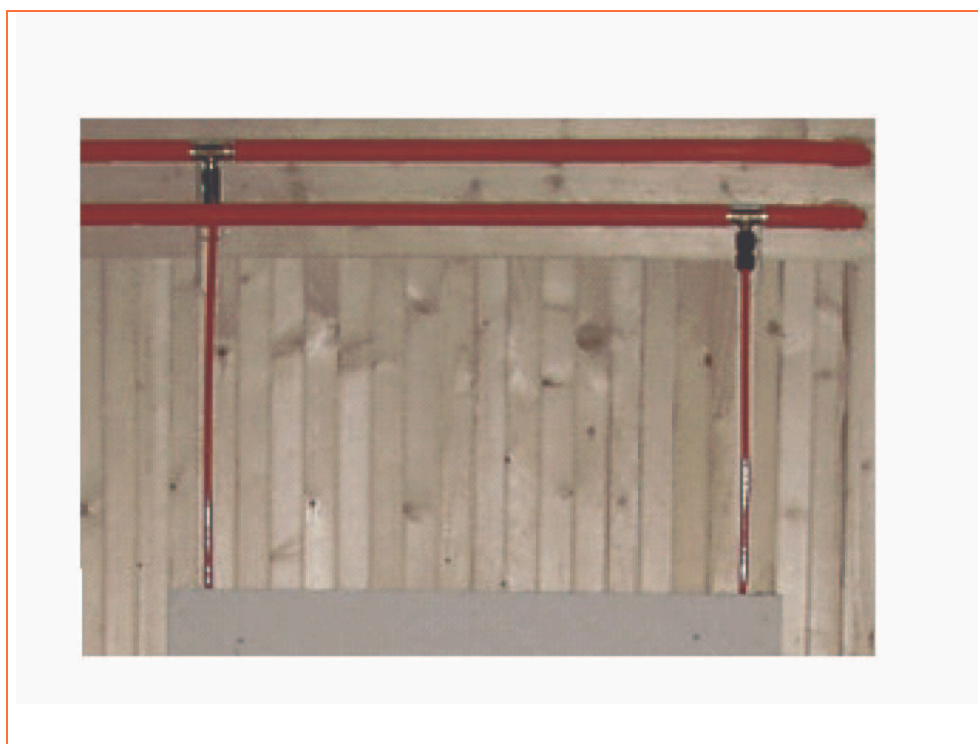


Abbildung 4-1: Deckenkanal für Heizflächenanbindung

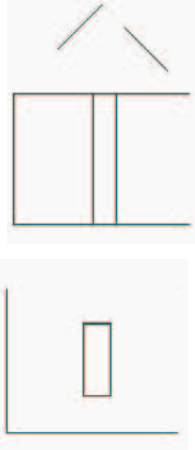
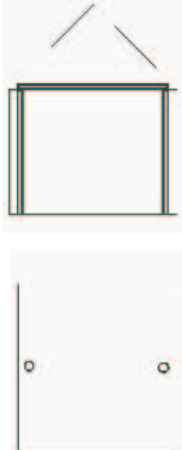
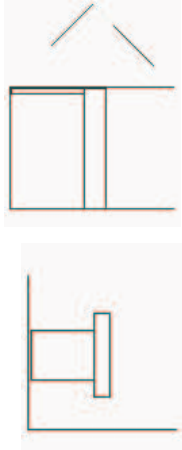
Im Bildbeispiel ist ein während der Modellproduktion erstellter Deckenkanal für die Heizflächenanbindung dargestellt. Die Fräsung übernimmt gleichzeitig die Befestigung der Rohre. Nach Installation der Rohrleitungen wird als Finish die reversible Abdeckung angeschraubt. Der Bildausschnitt zeigt Vor- und Rücklaufleitung einer Wandheizfläche mit 8 mm Rohr.

| <b>Optimierte Haustechnik-Verteilung</b>                   |   |  |
|--|---|--|
| <b>Entwickelte Leitbilder für Planung &amp; Ausführung</b> |   |  |
| <b>Konsequenzen für Haustechnik</b>                        |   |  |
| <b>Art</b>   | <b>Beschreibung</b>   | <b>Vorteile</b>  |
| Lösbare Verbindungen                                       | Mehrfach einsetzbare Schraub- oder Steckverbinder für Rohre, ermöglicht z.B. schnelles Umsetzen von (Wand-) Heizflächen (Analogie: „Bild an der Wand“)<br><br>Großflächig abnehmbare Revisionsöffnungen | schnell, zerstörungsfrei und wiederverwendbare Verbindungsart                              |
| Reparaturfreundliche, demontierbare Produkte               | Produktauswahl nach Kriterien der Reparaturfähigkeit, Demontierbarkeit, z.B. Rohr-in-Rohr-Systeme   | langlebigere Produkte, somit geringere Stoffbilanz, Rückbau / Recycling der Einzelbauteile |
| „Plattform-Konzept“ Hersteller                             | Hersteller, die in gleichartigen Produkten Systembauteile einsetzen die für verschiedene Typen verwendet werden können [1]  | einfache Wartung, Nachrüstung  |
| Rücknahmegarantie / Bauteil-Kreisläufe Hersteller          | Rücknahme von Bauteilen / Komponenten um nachhaltigen Bauteil- bzw. Materialkreislauf herzustellen, Aufarbeitung von hochwertigen, gebrauchten Bauteilen [1]  | Bauteil-, Material- und Stoffrecycling   |
| Materialien-Deklaration                                    | Alle Einzelbauteile eines Produktes sollten mit Materialaufdruck versehen sein [1]  | hochwertiges Material- und Stoffrecycling ermöglicht                                       |

Die allgemeinen Zielvorstellungen und Beispiele zur Auswahl der Technikkomponenten wurden unter 4.1 Haustechnik-Katalog „Stamm-Zweige“ dargestellt.



### 4.2.1.2 Optimierte Verteil-Systematik in Wohngebäuden

| Zentraler Kern   | Stirnseiten-Verteilung   | Varianten mit abgehängter Decke  |
|--|--|--|
|    |   |    |
| Hauptverteilung  |  |  |
| <p>Ein zentraler geschoss-übergreifender Haustechnik-Installationskern nimmt alle erforderlichen vertikalen Leitungen auf und ist gleichzeitig Raumtrennwand. Ein Hausanschluß-Schrank sowie Stockwerksverteiler für Warmwasser / Heizung und Toilettenspülkästen sind ebenfalls integriert.</p> | <p>Die vertikale Leitungsführung ist auf 2 stirnseitige Installations-schächte aufgeteilt. Hausanschluß-Schrank sowie Stockwerksverteiler für Warmwasser/Heizung und Toilettenspülkästen sind eventuell integrierbar, liegen jedoch zwingend am Schacht.</p> | <p>Die vertikale Leitungsführung ist auf einen zentralen Haustechnik-Installationskern oder auf 2 stirnseitige Installations-schächte mit angrenzender abgehängter Decke in Flur und eventuell Bad / WC aufgeteilt. Hausanschluß-Schrank sowie Stockwerksverteiler für Warmwasser / Heizung und Toilettenspülkästen sind eventuell integrierbar, liegen jedoch zwingend am Schacht / Kern.</p> |

|                                | Zentraler Kern  | Stirnseiten-Verteilung | Varianten mit abgehängter Decke   |
|--------------------------------|---|------------------------|---|
|                                | <b>Feinverteilung</b> (ab vertikaler Hauptverteilung)   |                        |   |
| <b>Heizung</b>                 | Raumheizflächen werden direkt an bzw. auf dem zentralen Kern oder Schacht installiert.<br>Variante: Die Heizungsleitungen werden in eingefrästen, horizontalen Kanälen (z.B. Sockel) bzw. über vertikale Medienkanäle entlang der Türen bis zu den Heizflächen realisiert.<br>Die Leitungsführung ist reversibel zugänglich bzw. austauschbar (z.B. Rohr-in-Rohr-Systeme und keine Abzweigungen in nicht zugänglichen Bereichen) um Wartung, Reparatur, Umnutzung und Rückbau zu ermöglichen. |                        |   |
|                                | nicht erforderlich  |                        | Vom Schacht/Kern entfernt gelegene Nutzungen werden über die abgehängte Decke versorgt. |
| <b>Elektro / Kommunikation</b> | Elektro- und Kommunikationsleitungen werden in eingefrästen, horizontalen Kanälen (z.B. Sockel) bzw. über vertikale Medienkanäle entlang der Türen realisiert.<br>Die Leitungsführung ist reversibel zugänglich bzw. austauschbar um Wartung, Reparatur, Umnutzung und Rückbau zu ermöglichen.<br>Die Nachrüstung der „BUS-Technologie“ ist vorbereitet.  |                        |   |
| <b>Lüftung</b>                 | Lüftungsein- und auslässe werden direkt an bzw. auf dem Kern/Schacht installiert.   |                        |   |
|                                | V.a. bei Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung ist zumindest teilweise die sichtbare Leitungsführung unverzichtbar.  |                        | Entfernt gelegene Nutzungen werden über die abgehängte Decke versorgt.                  |
| <b>Sanitär</b>                 | Abwassernutzungen liegen zwingend direkt am Kern/Schacht.<br>Sanitärelemente werden direkt an den bzw. auf dem Kern/Schacht installiert.  |                        |   |

|                  | Zentraler Kern  | Stirnseiten-Verteilung  | Varianten mit abgehängter Decke  |
|------------------|---|---|--|
| <b>Vorteile</b>  | kompakte, zentrale Variante;<br>kürzeste u. einfachste Leitungsführung;<br>ein sehr hoher Vorfertigungsgrad und somit Kostenreduktionspotentiale sind möglich | einfache Verteilstruktur bei größeren Freiheiten in der Grundrissentwicklung;<br>ein sehr hoher Vorfertigungsgrad ist möglich | große Anzahl potentiell nutzbarer Grundrisse;<br>ein hoher Vorfertigungsgrad ist möglich                             |
| <b>Nachteile</b> | sehr hohe Anforderungen an Grundrißentwicklung<br>geringe Freiheitsgrade bei Umnutzung  | lange Leitungswege bei noch hohen Einschränkungen in Grundrißentwicklung  | aufwendigere Verteilstruktur, längere Leitungswege;<br>reversibel abgehängte Decke als zusätzliches Element (Kosten) |

#### Fazit :

- **Zentrale Installationskerne** bieten die Möglichkeit enormer Kostenreduktions- und Fehlervermeidungspotentiale, Erfahrungen und Empfehlungen für Konstruktion, Fertigung und Montage siehe [2], [3].
- **Heizflächen** sind prinzipiell ohne Feinverteilung in den Räumen möglich (v.a. bei Variante Deckenheizung), über horizontale Medienkanäle sind jedoch auch entfernte Flächen nutzbar.
- **Elektro/Kommunikation** werden immer mit horizontalen und vertikalen Medienkanälen realisiert.
- **Abluftanlagen** sind analog zu Abwassernutzungen zu betrachten (Abluft direkt am Kern / Schacht), bei Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung ist i.d.R. entweder eine sichtbare Leitungsführung oder eine abgehängte Decke erforderlich.
- **Sanitärkomponenten** befinden sich zwingend direkt am Kern / Schacht.

### 4.2.1.3 Optimierter Wohnbautyp

Die Erfahrungen der realen und projektbegleiteten Bauvorhaben Bornstedter Feld (Realprojekt) und Wohnhaus Klute als optimierte Variante (beide siehe 4.7) wurden zur Entwicklung optimierter Systeme in Architektur und Haustechnik genutzt.

Durch übereinanderlegen der optimierten Systeme aus Architektur und Städtebau mit den optimierten Systemen der Haustechnik wurde die Synthese hin zum optimierten BASYS-Wohnbautyp vollzogen.

Die Entwicklung wurde massgeblich vom Verbundpartner Joachim Eble Architektur, Tübingen geleistet, für die Integration der Haustechnik ist hauptsächlich S&H Solar-Energiekonzepte, Hechingen unter Mitarbeit von Hati, Berlin verantwortlich.

Bei der Entwicklung des optimierten Wohnbautyps stand eine einfache und vielseitig verwendbare Grundrisslösung für unterschiedlichste Anforderungen zu finden im Vordergrund.

Der Kern des Systems bildet ein „Minimalhaus“ als 2-geschossiger Reihen-Mittelhaustyp mit quadratischem Grundriss und Innenmassen von 8 m, ohne Keller und Dachgeschoss, in dem auch sämtliche technische Ausstattung untergebracht ist.

Auf diesem Grund-Typ baut die städtebauliche Typologie des Verbundpartners Eble mit dem Brettstapel-Siedlungsbausystem auf. Er bildet die Grundlage für weitere Gebäudetypen wie Einfamilienhaus und Kettenhaus.

Außer den unterschiedlichen Gebäudetypen umfasst das Siedlungsbausystem verschiedene Dachformen (Pulldach, Satteldach, Zeltdach, Staffelgeschoss mit Dachterrasse) und Anbauvarianten (Abstellraum, Solarzone mit Wintergarten und / oder Balkon, auskragende Erker).

Weitere Informationen zum optimierten Wohnbautyp siehe Bericht des Verbundpartners Joachim Eble Architektur.

#### Grundriss

Der Grundriss erlaubt eine Flexibilität von offenen Raumbeziehungen und geschlossenen, gleichwertigen Räumen. Treppe und Flur sind zum Wohnzimmer hin abtrennbar, somit sind Umnutzungen und Umgestaltungen möglich.

Fixpunkte sind Eingang, Treppe und Installationsschacht mit Hausanschluss-Schrank und Mehrsparten-Medieneinführung.

## Modulare Raum- und Medien-Erschließung

Im EG bilden Eingang, Windfang/Flur, Treppe, WC und Installationsschacht eine modulare Raum- und Medien-Erschließung, die sich auch über das OG mit Treppe, Flur, Bad und Installationsschacht erstreckt.

Dieses quadratische Modul mit 4x4 m liegt im Eckviertel des Quadrathauses und kann durch Drehung ( $0^\circ$ - $270^\circ$ ) und Spiegelung um die Modulachse zusätzliche Modulvarianten bilden, die auch neue Grundrisslösungen ermöglichen. Beispiele siehe Bild unten.

Die Räume, die an dem Modul liegen sind in ihrer Größe variabel. Es ist daher auch möglich, vom Quadrattyp abzuweichen und rechteckige Grundrisse zu bilden, z.B. für ein schmales Reihenhaus. Die Größe von Bad und WC ist ebenfalls flexibel. Lediglich die Anordnung am Schacht ist unveränderbar.

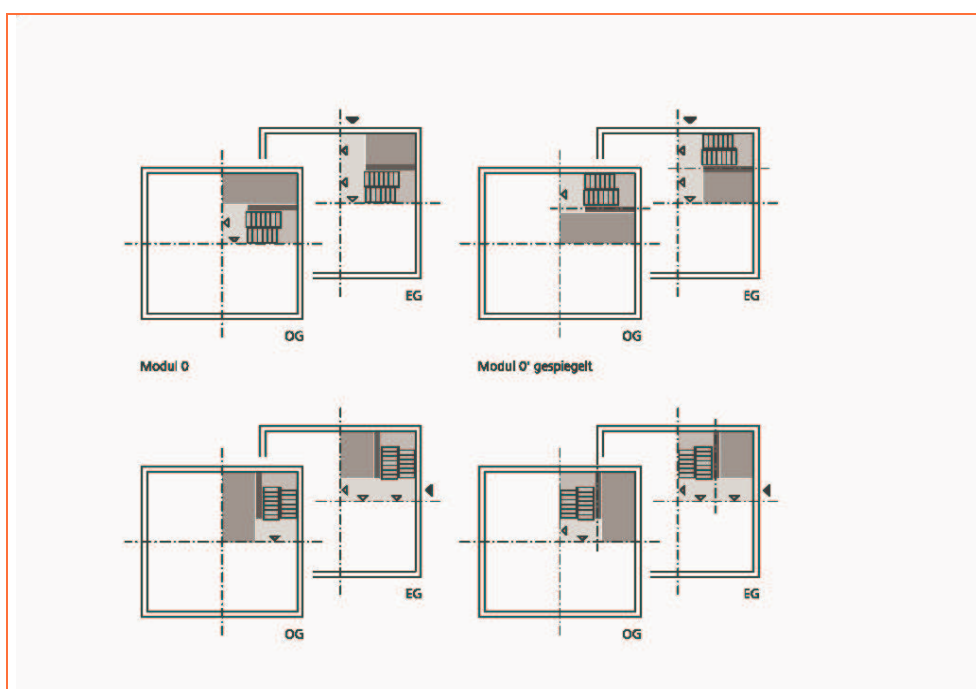


Abbildung 4-2: Modulare Raum- und Medienererschließung, Quelle: Büro J.Eble

## Technische Ausstattung

Im Grund-Typ kann sowohl die optimierte Haustechnik (Holzpellets-Raumofen, Wandheizung, Solaranlage, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ...) als auch eine Standardausstattung (Gas-Brennwertgerät mit Radiatoren) installiert werden.

Die Ausstattung der Räume ist gleichwertig, um eine flexible Nutzung zu ermöglichen.

## Technik-Verteilung und -Komponenten

Tiefgreifende Rationalisierungen im Baugeschehen sind nur durch die Einbeziehung der Gebäudetechnik in die Vorfertigung zu erzielen. Die hier gewählte Verteilung erlaubt prinzipiell einen hohen Vorfertigungsgrad.

Zwischen WC / Bad und Podesttreppe verläuft der vertikale Installations-Schacht, der von der Treppe her über Türen oder abschraubbare Elemente frei zugänglich ist. Hier liegt auch der Hausanschlussschrank, der vom Podest aus zugänglich ist. Im Installations-Schacht ist die gesamte vertikale Hauptverteilung integriert.

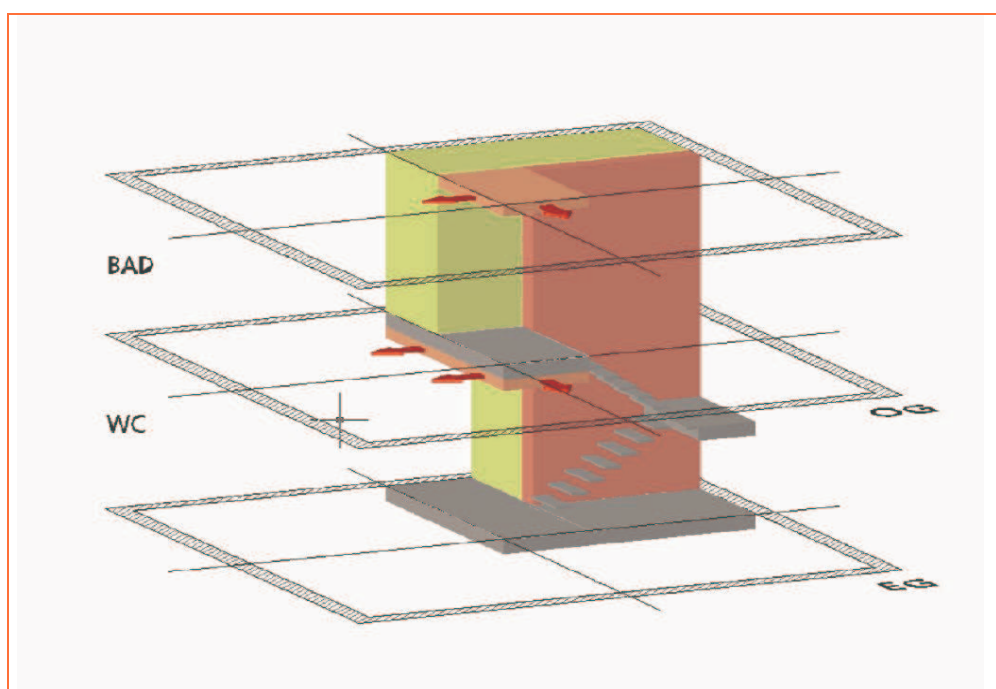


Abbildung 4-3: System Haustechnik-Verteilung, Quelle: Büro J.Eble

In abgehängten Elementen oder der gesamten Decken im Flur kann eine horizontale Verteilung der Installation, inklusive der Lüftungsleitungen zu den Räumen erfolgen. Die

abgehängten Elemente oder Decken haben eine Verbindung zu der vertikalen Installationsebene.

Die weitere Verteilung in den Räumen erfolgt in Wandkanälen im Brettstapel (Medienkanal neben Tür, Sockelkanal, ...), siehe 4.2.2 brettstapelgerechte Installationen.

Die Auswahl der Technik-Produkte erfolgt auf Basis der STAMM-ZEIGE-Modells unter 4.1.

Sanitärgegenstände liegen direkt an der Installationsebene und können auf die Brettstapelwand montiert werden (Vormontage im Werk).

Über die Verwendung einer Luftbetätigungstaste für die Toilettenspülung lässt sich ein handelsüblicher Wandeinbau-Spülkasten räumlich vom Klosett (z.B. 3-Liter Keramik-Klosett) trennen. Das heißt, dass die Brettstapelwand des Installationsschachtes die raumseitige Montagefläche für das Klosett darstellt, der Wandeinbau-Spülkasten jedoch hinter der Brettstapel-Installationsschacht-Wand montiert wird.

Waschtisch-Siphons können ebenfalls in den Installationsschacht ausgelagert werden und erlauben hierdurch neue Design-Varianten im Badbereich.

Des weiteren werden die Heizungs- und Wasserverteiler im Installationsschacht untergebracht (siehe Anlage 3).

Neben der Vorinstallation von Rohrleitungen im Installationsschacht sollen in diesem optimierten Wohnbautyp auch leichte Flächenheizsysteme wie Wand- und Deckenheizung zum Einsatz kommen. Bei hoher Vorfertigung lassen sich diese Systeme bereits im Werk auf die Brettstapel-Elemente aufbringen und können auch schon hydraulisch zusammengeschlossen werden. Auf der Baustelle erfolgt dann noch der Anschluss an die vorbereiteten Heizverteiler-Leitungen.

Durch diese Systeme wird im Produktionsprozess eine aktive Schale auf die Fertigelemente aufgebracht. Dadurch entsteht der Synergieeffekt, dass die wandbildende Schale gleichzeitig Heizfläche ist und diese unter optimalen Montagebedingungen schon im Werk montiert werden kann.

Bei Bedarf ist ein zusätzlicher Komfortgewinn im Sommer durch Einsatz der „Klimaelemente“ im Sommer zu Kühlzwecken (z.B. mit durchfließendem Leitungswasser) zu erzielen.

In Zusammenhang mit neuen Ansätzen sensorgesteuerter Bedarfsheizung (BUS-Technologie) lassen sich mit diesen sehr flink regelbaren Systemen in Zusammenhang mit Präsenzfühler die Räume in wenigen Minuten aus dem „Stand-By-Betrieb“ heiz- und lufttechnisch auf die gewünschten Niveaus bringen. Hierdurch sind weitere Einsparungen zu erwarten.

Den Vorteilen von Niedertemperatur-Flächenheizsystemen (Wand, Decke, siehe Anlage 1) steht häufig das knappe Angebot nicht verstellbarer Flächen gegenüber. Die Forderung, die Heizleitungen optisch und fertigungstechnisch optimiert zu integrieren, muss ebenfalls beachtet werden. Bei entsprechenden Grundrissvarianten, bieten sich deshalb, auch aufgrund der dann sehr einfachen Leitungsführung, eine Deckenheizung an. Demgegenüber steht ein geringfügig höherer Flächen- und Materialbedarf, da Deckenheizflächen bei sonst gleichen Randbedingungen eine etwas geringere Wärmeleistung (geringerer Konvektionsanteil) als Wandheizflächen aufweisen [3].

Im BASYS-Idealtyp sind BUS-Systeme in einer Minimalkonfiguration Standard. Die Überwachung von Fenstern und Fassaden, der Sicherheitscheck beim Verlassen des Hauses mit elektronischem Schliess-System, Temperaturreduzierung bei Abwesenheit über Präsenzföhler und Informationen über Technik-Störungen sind integriert. Dies bedeutet, dass z.B. die Fenster einen Sensor/Schalter zur Auslösung der Alarmanlage und Reduktion oder Unterbindung der Raumwärmeversorgung (Einzelraumregelung erforderlich) erhalten.

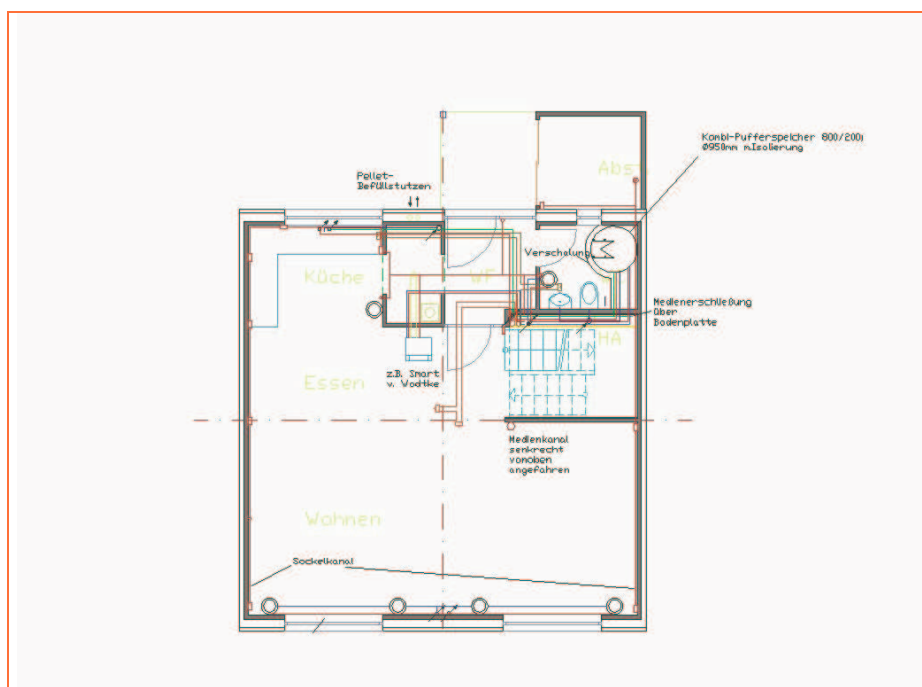


Abbildung 4-4: Optimierter Wohnbautyp, EG

In der Abbildung ist die Minimal-Variante des optimierten Wohnbautyps, das heisst ohne Keller und 2-geschossig mit integrierter Leitungsführung dargestellt.



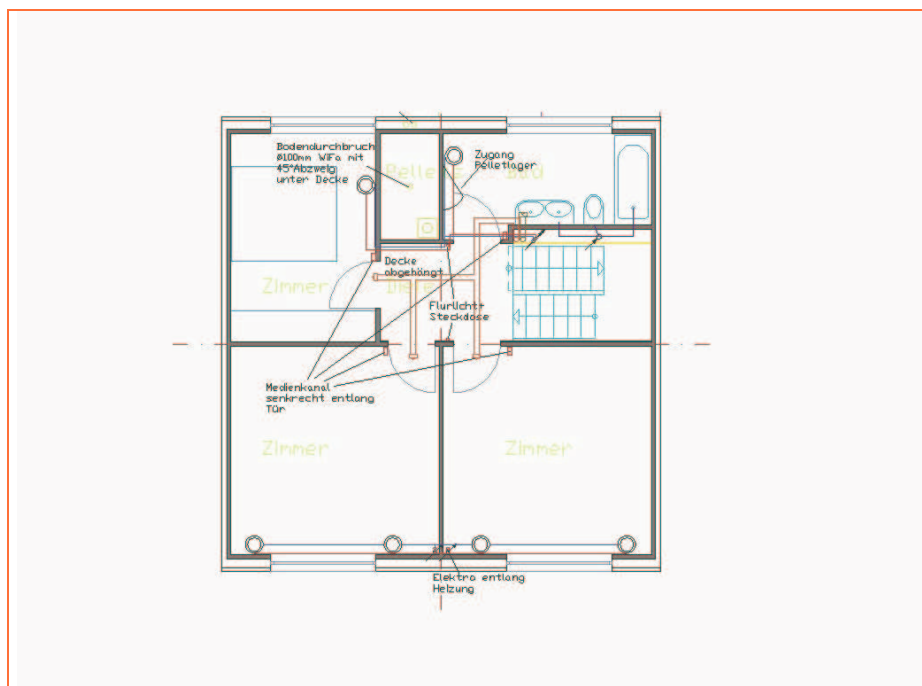


Abbildung 4-5: Optimierter Wohnbautyp, OG

Aus Darstellungsgründen ist die Leitungsführung der einzelnen Medien schematisch integriert. Der tatsächliche Verlauf wird auch in der abgehängten Decke in 2 Trassen entlang der Haus- bzw. der Zimmereingangstür verlaufen.

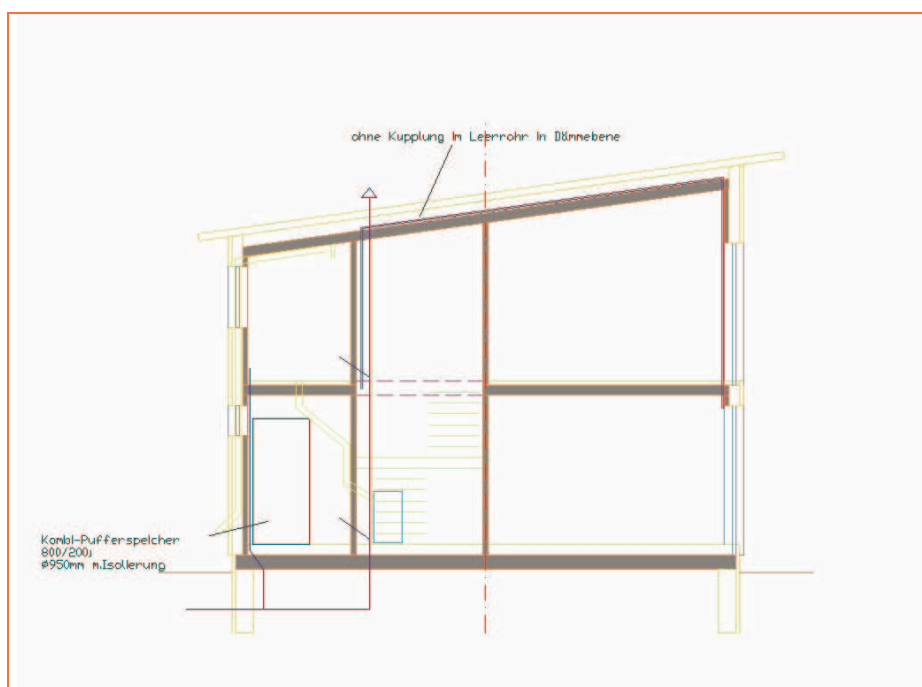


Abbildung 4-6: Optimierter Wohnbautyp, Schnitt,

## 4.2.2 Brettstapelgerechte Installationen

Brettstapelgerechte Installationen müssen neben den allgemeinen Leitbildern innerhalb BASYS (siehe 4.1.1) ausserdem folgenden Anforderungen gerecht werden:

- brettstapel-integrierte Haustechnik, d.h. hoher Vorfertigungsgrad in der Werkhalle mit dem Ziel hochwertiger, fehlerresistenter und schneller Montage
- Sichtqualität der Brettstapel-Elemente muss grundsätzlich möglich sein. D.h. die prinzipiellen Lösungen der Haustechnik-Integration müssen die Verwendung von Brettstapel-Elementen in Möbelqualität an Fussboden, Decken und Wänden zulassen
- die Bearbeitung soll möglichst nur von einer Wandseite erfolgen. Wendemanöver sollen soweit als möglich vermieden werden um wiederholte Justierungen und Kalibrierungen einzusparen
- die Befestigung der Installationen soll soweit als möglich durch die Fräsung selbst erfolgen um Maschinen- und Handarbeit zu reduzieren

Nicht sichtbare, beplankte Brettstapel-Elemente stellen prinzipiell keine zusätzlichen, erhöhten Anforderungen an die Haustechnik-Integration.

### 4.2.2.1 Der BASYS-Medienkanal

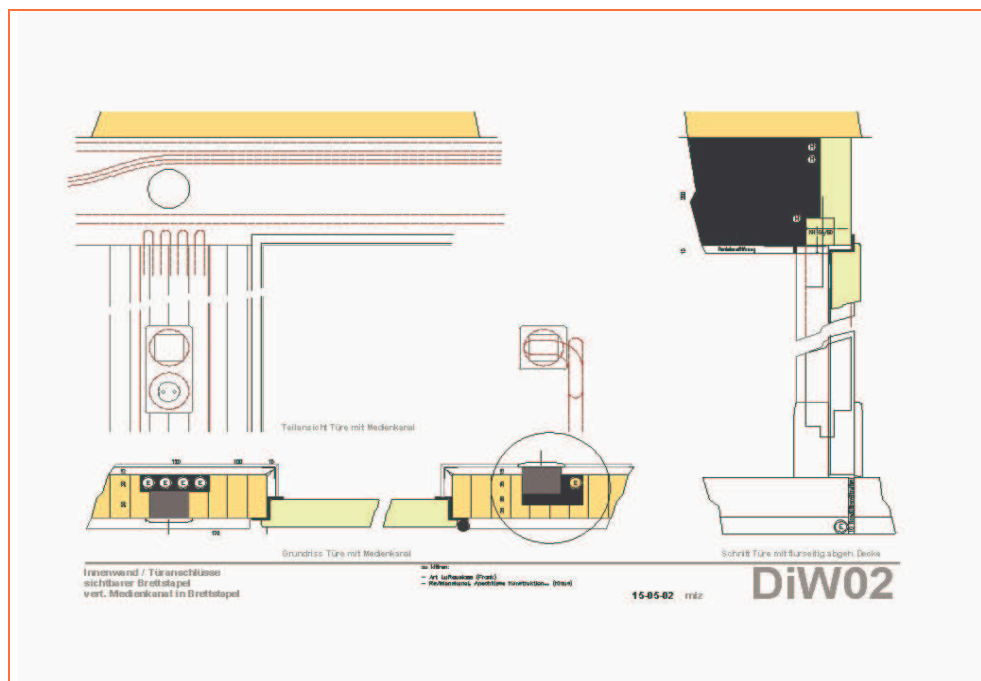


Abbildung 4-7: Vertikaler Medienkanal, Quelle: M. Zwölfer, ifib

Als **BASYS-typisches Element** wurde aufbauend auf den vorhandenen Leitbildern, mit den Möglichkeiten der Brettstapel-Technologie der **Medienkanal** (Bild oben) entwickelt.

Der Medienkanal befindet sich neben der Tür im sichtbaren Brettstapel-Element und wird über die systemzugehörige, abgehängte Decke im Flurbereich mit den Medienleitungen Heizung, Elektro und Kommunikation versorgt.

Dargestellt ist sowohl die sichtbare Variante des Brettstapel (Bild oben, links) als auch die beplankte Variante (Bildmitte). Hinter bzw. neben den Elektro-Hohlraumdosens können Heizungs- und Elektro-/Kommunikationsleitungen verlaufen. Die Entwicklung einer speziell für Brettstapel-Vollholz-Elemente konstruierten Elektro-Hohlraumdose erscheint sinnvoll und wurde bereits mit Herstellern diskutiert.

Der vertikale Medienkanal ist immer in Kombination mit der Zimmertür zu betrachten, da „Verkehrsflächen“ in sehr engem Zusammenhang mit der Medienverteilung stehen.

Gestalterisch kann er sowohl offensiv (andere Holzlamellen, evtl. farbig) als auch dezent (durchlaufende Brettstapel-Standard-Lamellen) in die Raumarchitektur integriert werden.



Im Bild sind links Elemente des in der Wand verlaufenden Medienkanals auf sichtbarem Holz-Brettstapel-Element abgebildet. Der Ausschnitt zeigt ein Segment der Modellproduktion (siehe 4.6.2.2 und Anlage 3).

Der Medienkanal wird mit zusätzlichen Leerrohren ausgestattet um eine Nachrüstung zu ermöglichen. Eine Kombination der Verteilung von Heizung und Elektro ist ebenfalls möglich.

Der Medienkanal mit nicht sichtbarer Brettstapel-Variante ist im nächsten Kapitel Sockel-/Deckenkanal dargestellt.

Abbildung 4-8: Designstudie: Medienkanal auf sichtbarer Brettstapel-Wand

Zukünftig sollte es möglich sein, komplette Wände in der Werkhalle fertig vorzuintallieren. Entweder als vorgehaltene Leerrohr-Installation (siehe Design-Studie: Schiebemuffe unter 4.2.2.3 als Verbinder für Leerrohre) oder fertig installiert mit für Brettstapel-Elemente noch zu entwickelnden Schnellverschlüssen [18].

#### 4.2.2.2 Der BASYS-Sockel-/Deckenkanal

Ein weiteres brettstapelgerechtes, BASYS-typisches Element stellt der **eingefräste Sockel- bzw. Deckenkanal** dar.

Im Sockelkanal verlaufen primär die Elektro und Kommunikationsleitungen, es können jedoch auch Heizungsleitungen mitverlegt werden falls dies erforderlich ist.

Der Sockelkanal setzt entweder direkt auf dem Fussboden auf (siehe Darstellung Bild unten) oder in einem Band in ca. 70 cm Höhe im Raum umlaufend.

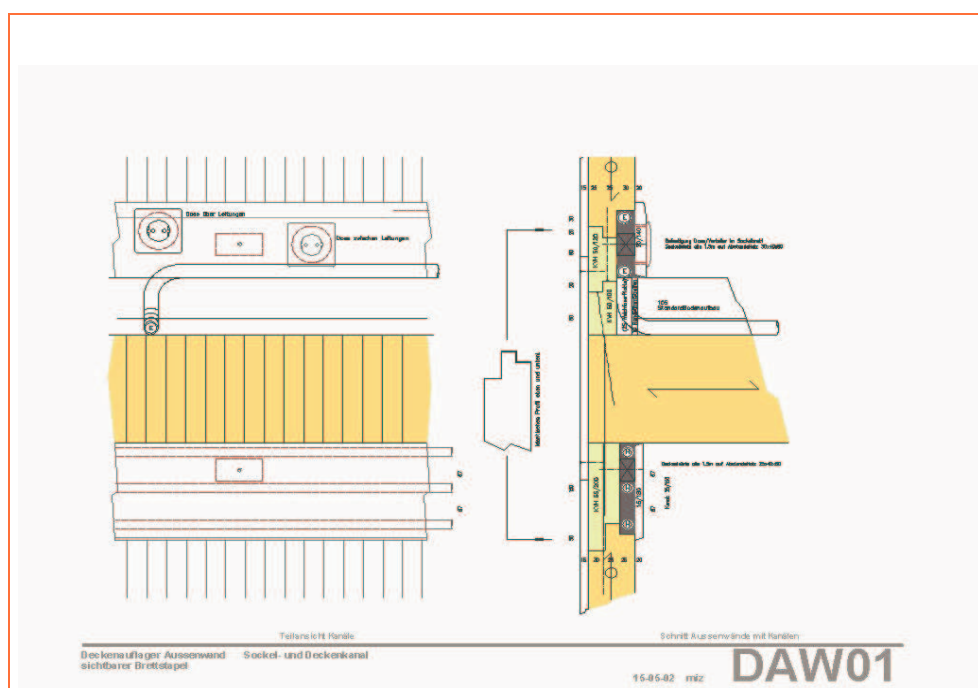


Abbildung 4-9: Design-Studie Sockel- u. Deckenkanal, Quelle: M. Zwölfer, ifib

Im Bild dargestellt ist die Variante des Sockel- bzw. Deckenkanals mit sichtbarem Brettstapel. Die Abdeckungen sind durchgängig revisionierbar und somit sind Austausch, Nachrüstung und Rückbau jederzeit problemlos durchzuführen. Die Leisten sind in der Brettstapel-Bauweise in der Regel aus Holz und werden mit Abstandshölzern vorgesetzt. Steckdosen und Kommunikationsdosen sind im Kanal integriert (siehe auch Anlage 3).

Die Variante mit nicht sichtbarem Brettstapel ist im nächsten Bild dargestellt.

Bei der Querschnitt-Ausbildung des Kanals müssen sowohl Fertigungstechnik, Gestaltung, Nachrüstoptionen wie auch die Statik der Brettstapel-Wände in die Optimierungen mit einbezogen werden.



Im Bild dargestellt ist der vertikale Medienkanal sowie der horizontale, reversible Sockelkanal mit integrierten Heizungs-, Elektro- und Kommunikationsleitungen.

Der senkrechte Medienkanal beinhaltet im Beispiel einen Raumthermostaten für Einzelraumregelung, Lichtschalter und Steckdose.

Im Bild ebenfalls zu sehen ist eine sichtbare Brettstapel-Decke. Eine Verlegung im Fussbodenaufbau war somit ausgeschlossen.

*Abbildung 4-10: Medien- und Sockelkanal, nicht sichtbarer Brettstapel*

Für den Anschluss einer Wandheizfläche mit Einzelraum-Regelung und Wärmelasten, die eine hydraulische Verschaltung der Einzelflächen untereinander erfordern, wurde die im nächsten Bild dargestellte Design-Lösung entwickelt.

Im Kanal müssen drei Heizleitungen verlaufen: Vorlauf und Rücklauf sowie eine Leitung im Bereich der Heizflächen selbst. Damit wird die gleichmässige Durchströmung (durch gleiche Weglängen und Dimensionen) und somit die gleichmäßige Wärmeabgabe gewährleistet.

Die Heizflächenanbindeleitungen (6 oder 8 mm) werden mit Steckkupplungen auf die Verteilerrohre angeschlossen und werden in Teilbereichen in den Brettstapel eingefräst, damit die Rohre mit zulässigen Radien unter den unteren Verteilrohren verlaufen können. In diesem Beispiel handelt es sich somit um eine nicht sichtbare Brettstapel-Wand.

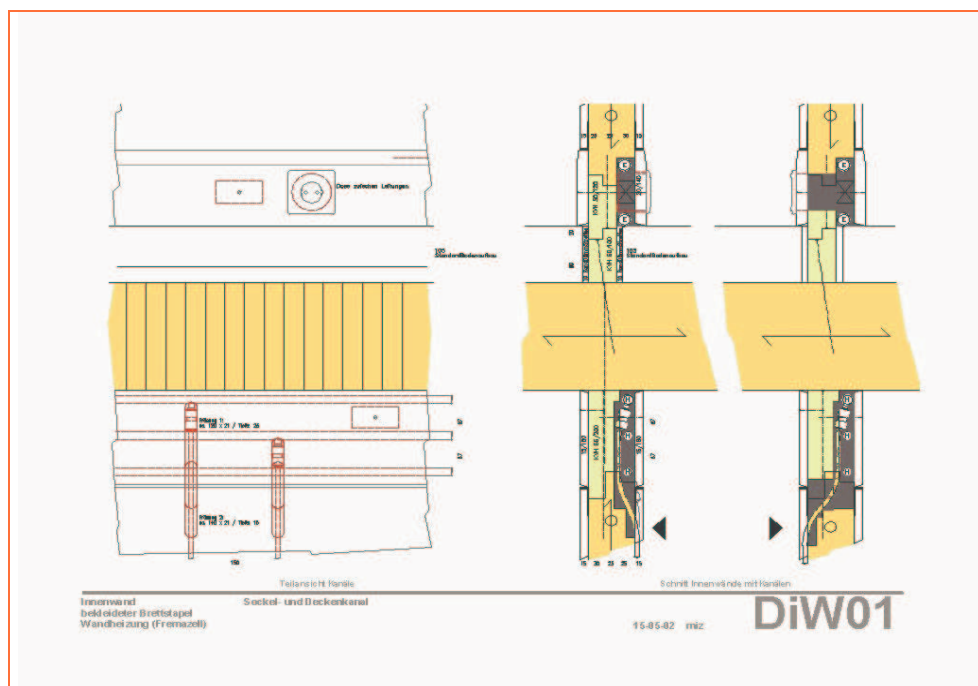
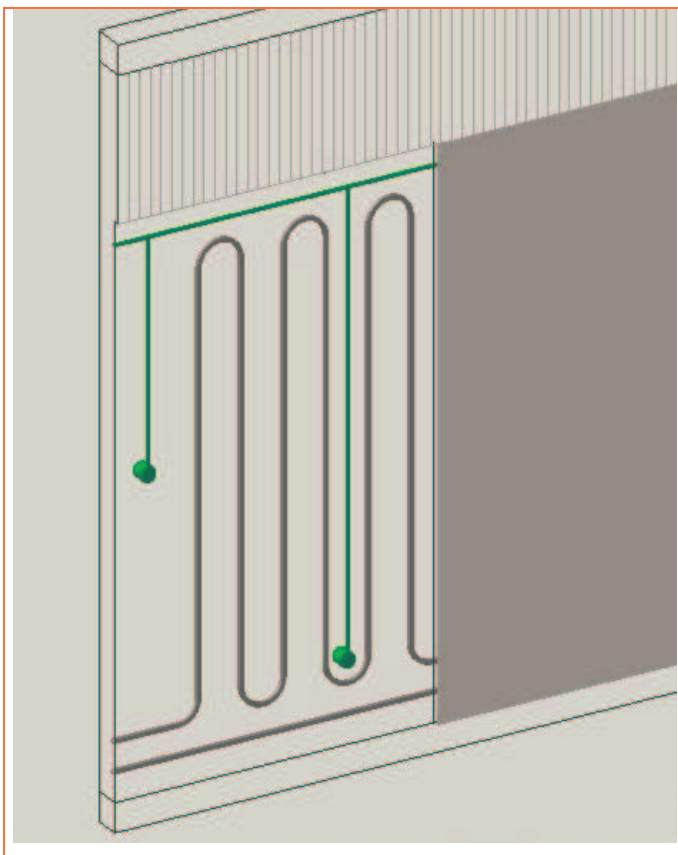


Abbildung 4-11: Design-Studie: Anschluss Wandheizfläche, Quelle: M. Zwölfer, ifib

Die sichtbare Variante ist selbstverständlich ebenso möglich. Denkbar ist zum Beispiel eine als Designstudie bereits angedachte, eventuell versetzbare, Wandheizfläche. Wie ein Bild an der Wand (siehe Anlage 3) kann dann eine Heizfläche flexibel in den Räumen angebracht und bei Bedarf auch versetzt werden.

### 4.2.2.3 Die brettstapel-integrierte Wandheizfläche



Im Bild dargestellt ist eine im Brettstapel integrierte Wandheizfläche mit optionaler Integration der Elektro- und Kommunikationsleitungen.

Unter den Aspekten Nachrüstung, Umnutzung und Rückbau ist diese Variante zwar nicht optimal, zeigt jedoch die Möglichkeiten der Haustechnikintegration in die Vollholzelemente wenn die Randbedingungen dies erfordern.

Einfräsung, Einlegen der Heizleitungen und Beplankung wird im Werk realisiert, so dass eine Fertigwand mit integrierten Heizflächen auf die Baustelle geliefert wird.

Abbildung 4-12: Brettstapel-integrierte Wandheizfläche, Quelle: M. Zwölfer, ifib

### 4.2.2.4 Gekapselte Rohr-in-Rohr-Systeme

Mit Herstellern von Rohr-in-Rohr Installationssystemen und Vertretern des Verbundvorhabens BASYS wurden im Jahr 2001 und 2002 an jeweils zweitägigen Seminaren unter anderem über brettstapel-gerechte Installationen diskutiert und weitere Lösungsvorschläge erarbeitet (siehe Anlage 5 und 6).

Ein grundlegender Vorteil der Rohr-in-Rohr-Systeme wurde bereits in 4.2.1 diskutiert. Es ist dies die Ein-Zapfstellen-Versorgung, die ermöglicht, dass auch im Falle einer Modernisierung jede Zapfstelle mit unterschiedlichen Wasserqualitäten angeschlossen werden kann. Das heisst Hygiene/Kochen, Waschen und Toilettenspülung könnten beim nächsten Renovierungszyklus mit jeweils unterschiedlichen Wasserqualitäten versorgt werden.

Von einem Hersteller sind zusätzlich Sanitär-Armaturen-Anschlussdosen am Markt die zusammen mit dem Schutzrohr einen Druck von zwei Meter Wassersäule (2 mWS) standhalten.

Diese Anforderung ist im schwedischen Markt entstanden und für den Einsatz in Brettstapel-Elementen in besonderer Weise geeignet. Wasser aus Schadensfällen aber vor allem auch Kondenswasser können so problemlos abgeleitet werden und führen nicht zu Bauschäden.

In Zukunft ist hier mit einer Produkterweiterung in Richtung eines „wasserdichten“ Verteilerkastens mit Ableitung zu rechnen.



Das Bild zeigt 2 Armaturen-Anschluss-Dosen mit Rohr-in-Rohr-System. Der Übergang vom äußeren Rohr auf die Dose wird am Schaft über eingegossene „Gummiringe“ abgedichtet (2 mWS).

Die Anschlussdosen werden in diesem Beispiel nur noch mit einer OSB-Platte von hinten beplankt und sind somit ohne weitere Hilfs- und Befestigungsmittel einsetzbar.

Dies wird einerseits durch den Aufbau der Dose andererseits durch die äußerst genaue Fräsmöglichkeit gewährleistet.

Eine Weiterentwicklung der Anschlussdose wurde im Projekt ebenfalls realisiert, siehe Anlage 6 Bild 1 und 2

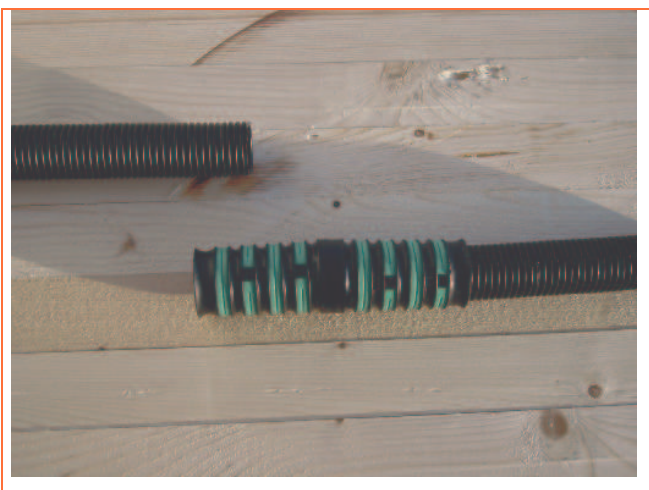
Abbildung 4-13: Anschlussdosen eingefräst in Brettstapel

Nach vorne sind die Dosen mit einer „Ringverlängerung“ versehen, die mittels eines dichtenden O-Ringes bis zur raumseitigen Brettstapeloberfläche die Kondenswasser- bzw. Wasserschadenssicherheit erbringt (siehe Anlage 6: Bild 1 und 2).

Leitungen die Bauteile überschreiten müssen koppelbar sein und sollen dennoch auf dem selben hohen Niveau installiert werden. D.h. um die Vorteile eines Rohr-in-Rohr-Systems zu nutzen, scheidet Kupplungen oder andere Verbindungstechniken für das wasserführende Rohr aus. Weiterhin soll jedoch die Druckdichtheit des Schutzrohres beibehalten werden.



Demzufolge ergibt sich die Forderung die wasserführenden Leitungen erst nach der Fertigmontage der Elemente einzubringen. Die Schutzrohre müssen jedoch direkt bei der Brettstapel-Elementmontage installiert und bei Bauteilübergängen miteinander gekoppelt werden.

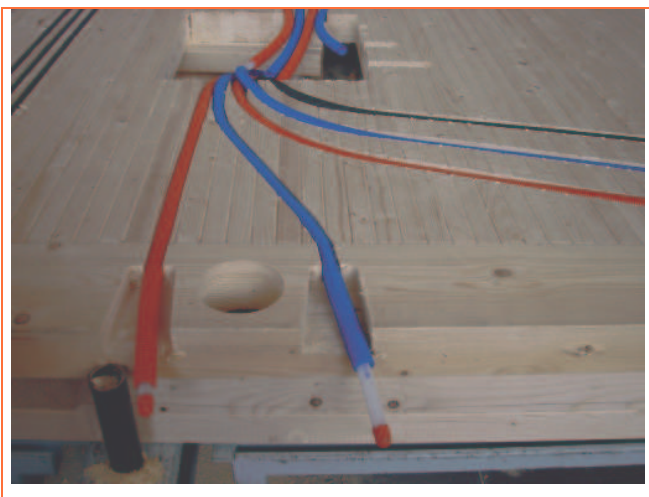


Ausgehend von den druckwasserdichten Anschlussdosen-Füßen wurde die Design-Studie „druckwasserdichte Schiebemuffe“ als Verbinder für Bauteilübergänge entwickelt.

Im Bild dargestellt die Schiebemuffe mit einseitig eingeschobenem Schutzrohr. Die Druckdichtigkeit bis 2 mWS wird über die in der Schiebemuffe integrierten Dichtringe realisiert.

Abbildung 4-14: druckwasserdichte Schiebemuffe als Schutzrohr-Verbinder, Bild 1

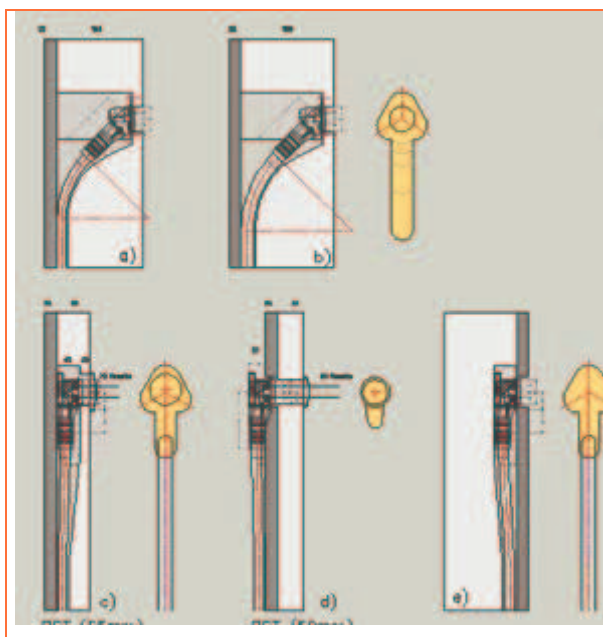
Praxistest dieses Systems der Schiebemuffe müssen allerdings noch durchgeführt werden.



Im Bild unten sind die Arbeitsräume für die Schiebemuffen ausgefräst. An diesem Bauteilübergang kann das nächste Schutzrohr ansetzen und mit der Muffe verbunden werden. Die wasserführenden Rohre werden dann bei der Fertigmontage eingezogen.

Abbildung 4-15: Design-Studie: Arbeitsraum für Schiebemuffe

Weiterhin ist hier zu sehen, dass die Rohr-in-Rohr-Systeme alleine durch den Leibungsdruck der Fräsung gehalten werden. Nach dem Einlegen der Rohre wird das Element mit OSB-Platten beplankt und kann dann auf die Baustelle zur Endmontage transportiert werden (siehe Anlage 3).

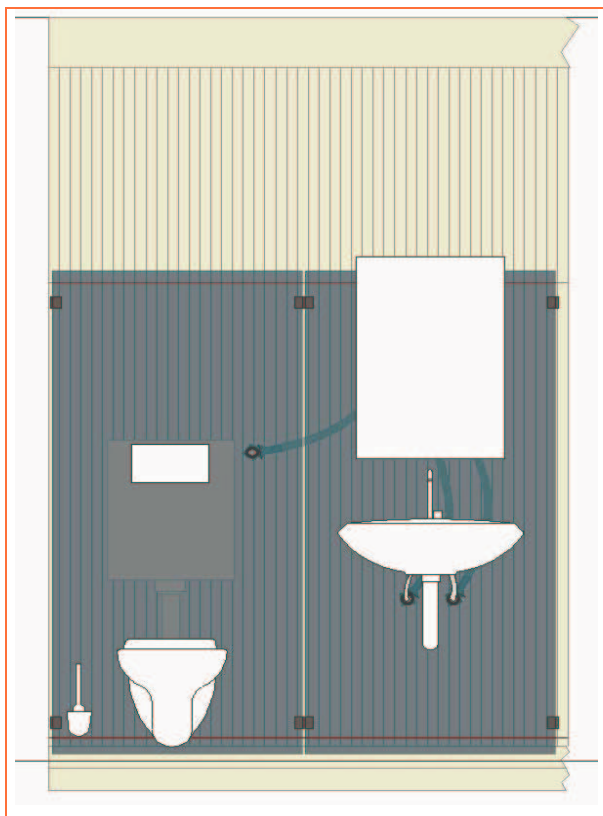


Während der Projektlaufzeit wurden noch weitere Möglichkeiten der brettstapelgerechten Haustechnik-Integration entwickelt und simuliert.

Im Bild dargestellt sind prinzipiell unterschiedliche Möglichkeiten der Anschlussdosen Installation.

Von großvolumigen Ausfräsungen (a, b) über Einfräsungen „Richtung Brettstapel“ (c) zu „Rückseiten-Befestigung“ (d) und „Einfräsung Richtung OSB-Beplankung“.

Abbildung 4-16: Integrations-Simulation Anschlussdosen, Quelle: M. Zwölfer, ifib



Eine weitere sehr interessante Innovation kann sich im Bereich sichtbarer Holzbrettstapel im Nassbereich ergeben.

Denkbar ist die Ausfräsung und sichtbare Installation der Leitungen (z.B. „Spinnennetz der Rohr-in-Rohr-Installation“). Als Spritzschutz könnte eine gefärbte Glasabdeckung fungieren, die die dahinterliegenden Installationen durchschimmern lässt.

Daraus ergibt sich ein interessantes Wechselspiel zwischen kühlem Glas und warmer, strukturierter Holzoberfläche.

Abbildung 4-17: sichtbare Leitungen mit Glasabdeckung, Quelle: M. Zwölfer, ifib

#### 4.2.2.5 Schnellverschlüsse mit integrierten Haustechnik-Verbindern

Brettstapel-Fertigbauteile können wie oben gezeigt heute schon hergestellt werden. Eine wirkliche Innovation im Bereich der Montagetechnik lässt sich dann erzielen, wenn es gelingt die unterschiedlichen nacheinander folgenden Gewerke in ein Bauteil zu integrieren. Hierdurch entsteht im Werk eine größere Fertigungstiefe mit höchstem Vorfertigungsgrad.

Wichtige Kriterien für derartige Schnellverschlüsse sind Montagefreundlichkeit, Demontierbarkeit, Selbstzentrierung, Zeiteinsparung und die multifunktionale Anwendung für verschiedene Haustechnik-Systeme.

Derartige Verbinder wurden für die Fertighaus-Industrie schon zum Patent angemeldet [18]. Inwieweit sich diese Verbinder auch für die Brettstapel-Elemente einsetzen lassen muss noch geprüft werden.

Unter BASYS-Aspekten problematisch erscheint die nicht mögliche Revisionierbarkeit der Schnellverschlüsse im eingebauten Zustand, d.h. Umnutzung oder Austausch bzw. Reparatur bei Defekten in diesen hochsensiblen Verbindungsbereichen scheinen ausgeschlossen bzw. noch nicht gelöst.

Es ist auch denkbar ganze Haustechnik-Einheiten wie Wärmerezeuger, Speicher, Heizkörper, Sanitäreinrichtungen und andere Komponenten über derartige Schnellkupplungen an einen Installationsschacht zu realisieren.

Die Integration dieser neuen Schlüsseltechnologie der Schnellverbinder mit integrierten Haustechnik-Funktionen verspricht für die Zukunft erhebliche Einsparungen im Bereich der klassischen Montagezeit.

## 4.3 Handwerksadäquates „Reverse Engineering“

### **Plädoyer für eine handwerksadäquate Reparatur-, Modernisierungs-/Nachrüstungs- und Demontagestrategie** (von Peter Thomas, Hati GmbH, Berlin)

Nachhaltiges Wirtschaften ist die zukünftige Form unserer Marktwirtschaft. Nicht zuletzt in der Bauwirtschaft müssen wir lernen, unter ökonomischen Bedingungen Produkt- und Stoffkreisläufe zwischen Herstellung, Nutzung, Modernisierung/Nachrüstung und Verwertung soweit wie möglich zu schliessen, um die noch immer bestehenden erheblichen Belastungen unserer Umwelt, den nahezu ungebremsten Abbau unserer natürlichen Ressourcen zu verringern und damit künftige Generationen nicht zu benachteiligen. Nachhaltiges Wirtschaften ist somit mehr als nur Recycling. Als optimale Nutzung der uns zur Verfügung stehenden Ressourcen ist es die bessere Ökonomie.

Demgegenüber wird im Bereich der Bauwirtschaft Nachhaltigkeit häufig als eine Anforderung an eine zukünftige Gesellschaft missverstanden, die sich nicht zwingend aus der zunehmenden technischen und organisatorischen Komplexität moderner Bauwerke ergibt. Dabei bietet gerade die Bauwirtschaft seit Jahrhunderten eine Vielzahl von Beispielen (so z. B. die Stadtentwicklung von Trier) bei denen die Wiederverwendung von Bauelementen eine jahrtausendealte Tradition hat. Anders als bei vielen "Wegwerfbauten" der Nachkriegsjahre war hier an die Stelle des Verbrauchs der Gebrauch und die nachhaltige Nutzung der natürlichen und von Menschen geschaffenen Ressourcen und Produkte getreten.

Berechtigte Forderungen in Richtung Modernisierung/Nachrüstung oder auch demontagerechte Lösungen scheinen den heutigen Repräsentanten der Bauwirtschaft von außen aufgezwungen zu werden und von daher wird versucht, jedes Ansinnen in diese Richtung im Keim bereits zu ersticken. Gerade der Baustoffhandel stemmt sich mit größtem politischem Widerstand gegen Strategien wie Reparaturfreundlichkeit, Nachrüstungsentwicklungen, denn das Geschäft mit der Langlebigkeit von Bauprodukten könnte sich vermutlich zu Gunsten anderer Akteure verschieben.

Einerseits werden durch Bautätigkeiten gigantische Stoffströme in Bewegung gesetzt und andererseits handelt es sich bei einem Bauwerk um ein besonders langlebiges Produkt, sodass von heutigen Planungs- bzw. Ausführungsentscheidungen zukünftige Generationen von Bewohnern/Nutzern (die Verwendung gesundheitlich unbedenklicher Baustoffe und Bauteile einmal vorausgesetzt), aber auch Eigentümern/Betreibern spätestens bei der Demontage des Bauwerks technisch-wirtschaftlich erheblich betroffen sein werden.

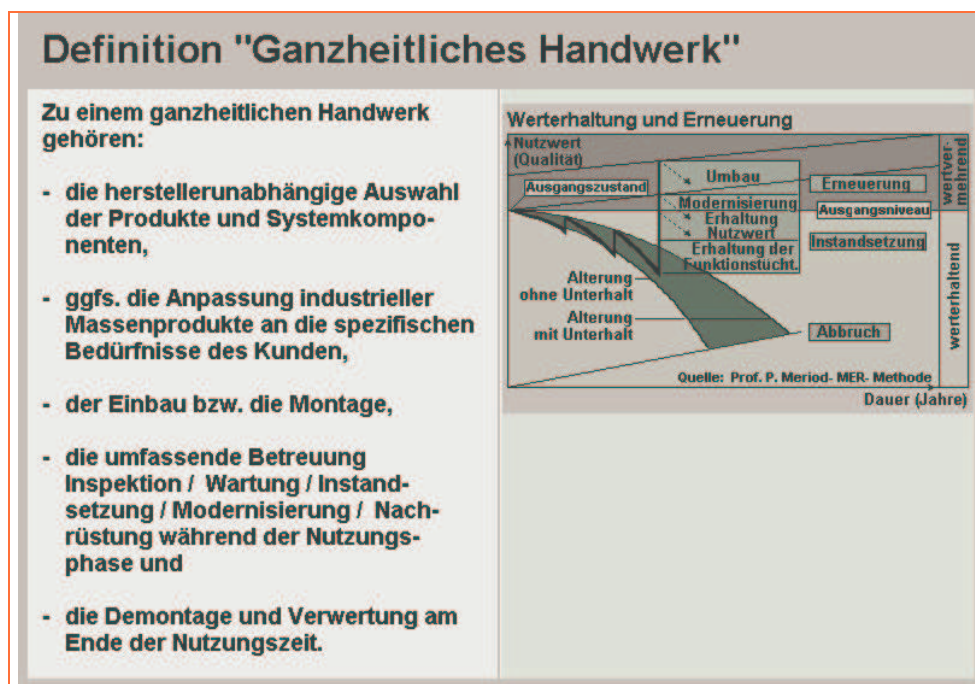


Abbildung 4-18: Definition „Ganzheitliches Handwerk“

Ein zentrales Anliegen des BASYS-Forschungsprojektes ist es, Innovationspfade für strukturelle, technologische und wirtschaftliche Entwicklungen zur nachhaltig umweltverträglichen Gestaltung und Nutzung moderner Bauwerke in Brettstapeltechnologie aufzuzeigen. Das gemeinsame Leitbild der BASYS-Projektpartner besteht daher u. a. darin, ein hochwertiges, wohngesundes, ökologisches und CO<sub>2</sub>-neutrales und langfristig wirtschaftliches Systemhaus zu entwickeln, bei dem auf den Einsatz von umweltbelastenden Baustoffen und Ausbaumaterialien generell verzichtet wird. In der Planungs- und Ausführungsphase werden bei dem BASYS-Systemhaus daher solche wohngesunden Bauprodukte und Systemkomponenten eingesetzt, die grundsätzlich die technischen Voraussetzungen in Bezug auf die Langlebigkeit/Nutzungsdauerverlängerung bieten, das heißt, zunächst das Kriterium der "Reparaturfreundlichkeit" erfüllen und zum anderen die Möglichkeiten einer Modernisierung/Nachrüstung bieten, ohne komplett demontiert zu werden, ohne die Bausubstanz zu zerstören.

Qualitativ neu ist, dass im Baubereich immer häufiger die Einbeziehung des Faktors "Zeit" in die wirtschaftliche Optimierung, einschließlich der Offenlegung aller Kosten, d. h. auch jene für die Nutzungsphase sowie die Demontage / Verwertung, geworden ist. Dies ist Teil eines Paradigmenwechsel, der in der Wirtschaft allgemein stattfindet: der **Nutzungswert ersetzt zunehmend den Tauschwert und perspektivisch wird der Verkauf von Leistung über eine Zeitperiode den einmaligen Verkauf von Gütern ablösen.**

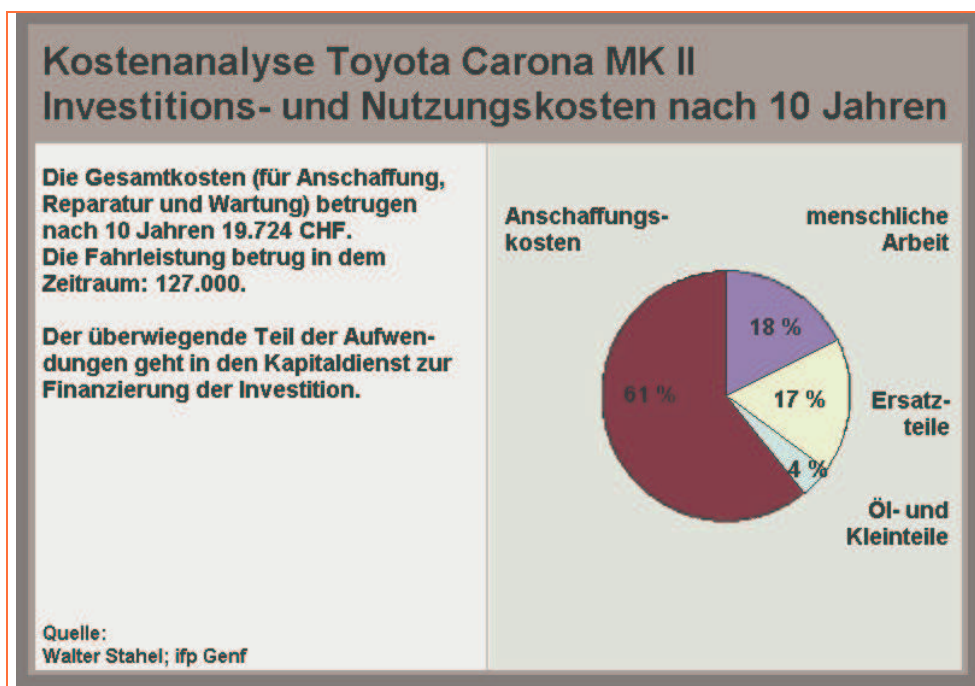


Abbildung 4-19: Kostenanalyse, Investitions- und Nutzungskosten nach 10 Jahren

Diese und die folgenden zwei Grafiken stammen von Walter Stahel, Institut für Produktdauerforschung in Genf, der akribisch alle Kosten seines Autos "Toyota Carona MKII" in einem Zeitraum von bisher 30 Jahren analysiert hat. Er kann damit nachweisen, dass bei langlebigen Produkten der Faktor Arbeit / Beschäftigungssicherung deutlich höher ist, als beim Einsatz von Wegwerfprodukten.

Während für die klassische Industriegesellschaft hauptsächlich die Herstellung von materiellen Gütern charakteristisch war und in weiten Bereichen noch ist, haben Verfeinerung, Komplexität und Vernetzung der technologischen Entwicklung den Schwerpunkt auf Wissen und Systemkompetenz verlagert, also auf Mittel und Wege, wie materielle Produkte angewendet oder dem Verbraucher zugänglich gemacht werden.

Im haustechnischen Bereich ist zu beobachten, dass die Beruflichkeit immer stärker zu einer systemischen Energie- und Gebäudetechnik zusammenwächst, in der auch der Elektrobereich integraler Bestandteil ist. Technologisch bedeutet dies, dass die intelligente Gebäudetechnik immer enger mit dezentralen "Stadttechnik-Verbundsystemen" vernetzt wird. So springen zum Beispiel "intelligente" Waschmaschinen nicht automatisch an wenn sie eingeschaltet werden, sondern erst dann, wenn das Blockheizkraftwerk in der Nachbarschaft Strom produziert, der im eigenen Netz teurer verkauft werden kann, als ihn in das Netz des lokalen Versorgers einzuspeisen. Dienstleistungen rund um das Gebäude brauchen auch in Zukunft ein hohes Maß an "Hardware"; diese bedarf aber ihrerseits weiterer Serviceleistungen, um für den Kunden nutzbringend zu sein.

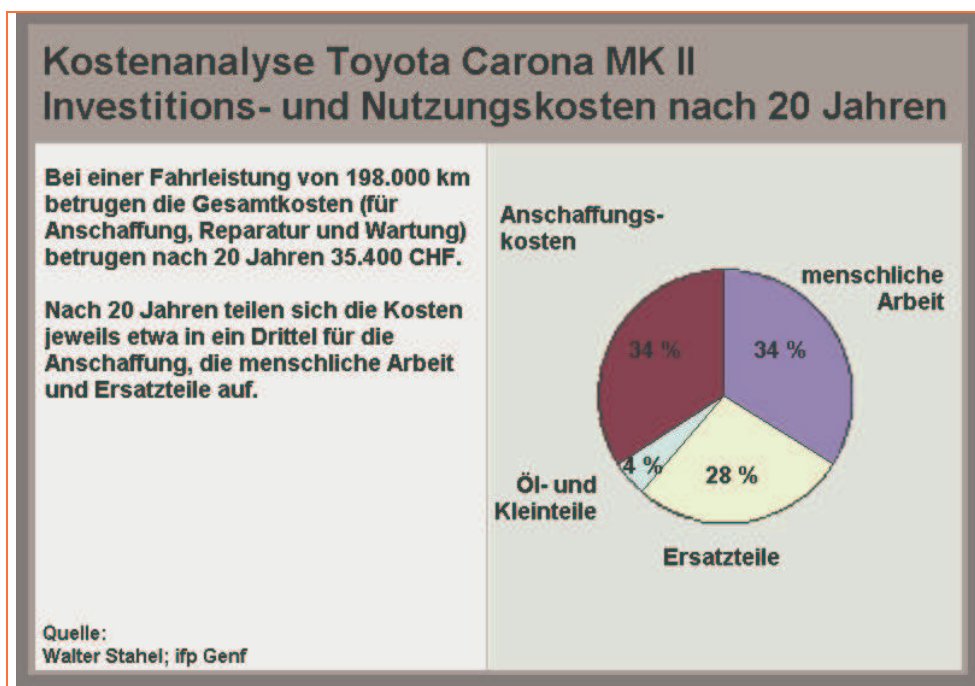


Abbildung 4-20: Kostenanalyse, Investitions- und Nutzungskosten nach 20 Jahren

Auch wenn wir noch einen langen Weg vor uns haben, so ist man im BASYS-Projektteam dennoch davon überzeugt, dass eine Alternative zur Wegwerfgesellschaft nur in Zentraleuropa entwickelt werden kann, denn eine konsequente Nachhaltigkeitsstrategie muss auch den Menschen einbeziehen. Weltweit betrachtet, zeichnet sich diese Region durch eine hohe Kompetenz der Facharbeiter in den Fabriken und dem Können der Handwerker aus, die industrielle Produkte installieren, reparieren, modernisieren, nachrüsten sowie am Ende der Nutzungsphase demontieren und verwerten. Wenn man diese Potentialseite zum Ausgangspunkt macht, müsste das kollektive Arbeitsergebnis dieser beiden Akteure ein qualitativ besseres sein. Alleine die Wartung komplexer Systeme ist mindestens ebenso anspruchsvoll wie deren Herstellung.

Nimmt man die Lebenszykluskosten in den Fokus, dann würden im Zweifel langlebigere Produkte, zum Teil auch teurere Produkte, die weniger Umwelt- und Gesundheitsbelastungen verursachen, eingesetzt und/oder andere Technologien zum Einsatz kommen, die

- kundenindividuell gefertigt werden,
- repariert, wiederverwendet, modernisiert und nachgerüstet werden,
- die eine Kaskadennutzung ermöglichen: zum Beispiel kann ein und derselbe Baum anfänglich als Stützbalken, dann als Brett, später als Spanplatte und schließlich als Feuerholz dienen.

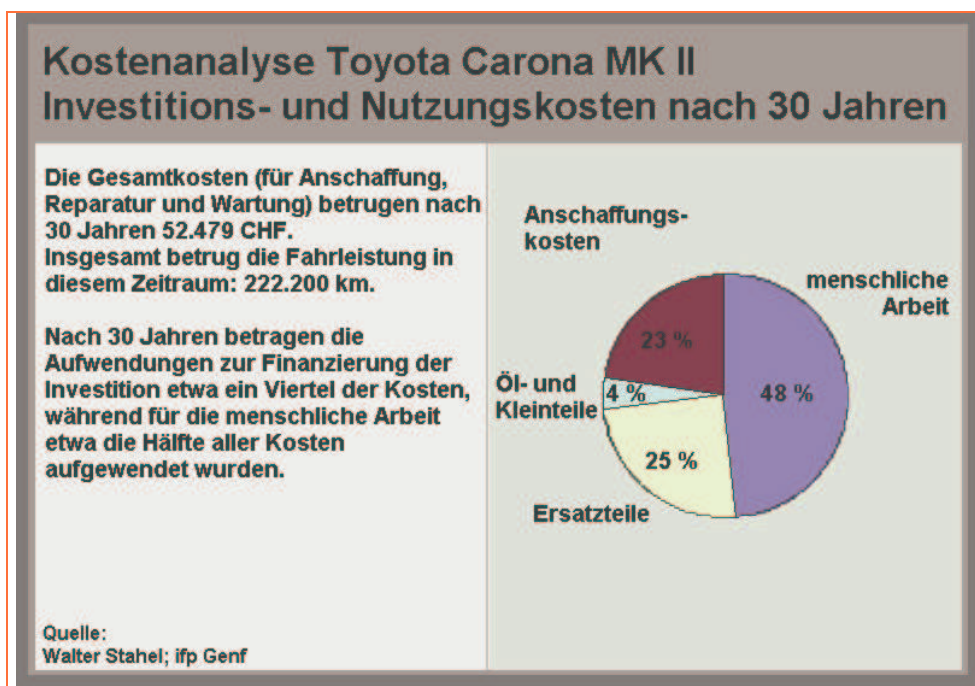


Abbildung 4-21: Kostenanalyse, Investitions- und Nutzungskosten nach 30 Jahren

Wenn folglich der Nutzungswert das Maß wirklichen Wohlstand ist, dann muss auch das Bauhandwerk seine Kernkompetenz dahingehend entwickeln, dass seine Potentiale in einer öko-intelligenten Wirtschaft zum Tragen kommen. Die Lebenszykluskostenanalysen zeigen, dass mit zunehmender Nutzungsdauer die Ausgaben für arbeitsintensive Instandhaltungs- bzw. Modernisierungsarbeiten steigen. Unter dem Aspekt der regionalen Nachfrage nach Arbeit betrachtet, dominieren in einer "Reparaturgesellschaft" höchstqualifizierte und lokal vorzuhaltende Arbeitsplätze. Die Komplexität der Anforderungen ist in einer öko-intelligenten Wirtschaft um ein Vielfaches höher, als dies durch die traditionellen Berufsbilder eingelöst werden könnte. Nicht nur im Bereich des ökologischen Bauens geht die Entwicklung der Qualifikation weg von der Berufsförmigkeit, hin zu einer (auch international anerkannten) Zertifizierung von anforderungsadäquaten (Einzel-) Kompetenzen.

Der "durchschnittliche" Bau-Handwerksbetrieb mit etwa 10 Mitarbeitern kann alle praktischen Anforderungen eines komplexen Bausystems (selbst eines Gewerks) nicht in allen Bereichen im Sinne eines umfassenden Qualitätsmanagements kompetent bearbeiten. Der einzelne Mitarbeiter, wie auch der Betrieb ist gezwungen, sich ständig in einem Segment zu spezialisieren, um Erfolg zu haben. Die eigenen Defizite werden kompensiert durch die Kooperation mit jenen Spezialisten, die im Bereich der eigenen Schwäche ihre spezifischen Stärken besitzen.

Bei dem BASYS - Verbundvorhaben wurde daher die Nutzungsphase des Gebäudes in den Vordergrund gestellt. Dadurch gewinnen Pflege- und Instandhaltungszyklen der



baulichen Hülle aber auch der Innenbereiche mit Fußbodenbelägen, Türen und Installationen der Gebäudetechnik zunehmend an Bedeutung. Wie mehrere Veröffentlichungen belegen, kann eine etwa 100-jährige Gebäudenutzung dazu führen, dass sich die anfänglichen Umweltbelastungen des Neubaues durch Modernisierungen und Renovierungen insgesamt mehr als verdoppeln (siehe u. a. STEIGER, BACCINI/BADER und KOHLER). Die zusätzlich während der Nutzungsphase in das Gebäude (= Baustoffspeicher) eingebrachte "Abfallmenge" ist jedoch nur ein, wenn auch wichtiger Aspekt. Die spezifischen Entsorgungskosten bei Umbaumaßnahmen sind in der Regel um ein Vielfaches höher als zum Zeitpunkt der Errichtung des Gebäudes!

Dies beinhaltet aber auch ein neue Verantwortung der wirtschaftlichen Akteure, eine Verantwortung für die Leistung und die Nützlichkeit von Gütern - die Garantie des Nutzungswertes!

In technischer Hinsicht werden selbst bei einem einfachen Einfamilienhaus eine Vielzahl von komplexen Systemkomponenten zu einem funktionierendem Ganzen zusammengefügt. Hinzu kommt, dass in der heutigen vertikalen Arbeitsteilung zwischen Bauherr/Betreiber, Architekt, Fachingenieur, Bauleiter, ausführenden Bauunternehmen bis zu den handwerklich praktischen Arbeiten der "Gesellen" die Zuständigkeiten unklar verteilt sind und an dem organisatorischen Prozess des Bauens sehr viele interne und externe Aufgabenträger und Projektbeteiligte teilhaben. Die technische Komplexität moderner Bauwerke spiegelt unmittelbar auch die organisatorische Komplexität des Planungs-, Bau- und Nutzungsprozesses wider.

Um die hohe technische Komplexität eines Bauwerks zu beherrschen, wurde bei dem BASYS-Vorhaben nicht nur im technischen Bereich das Prinzip der Modularisierung angewandt, auch die organisatorischen Aufgaben innerhalb des Planungs-/Ausführungsprozesses sowie der Nutzungsphase wurden modular organisiert. Insbesondere auf der Seite der Bauausführung wurden eine Vielzahl von Aufgaben zusammengefasst. Idealtypisch besteht das BASYS-Bauteam nur aus zwei Gewerken: dem Bauhauptgewerk und dem technischen Ausbau. Alle weitergehenden Ausführungsentscheidungen werden auf dieser Praktikerebene unter Handwerkern kollegial geregelt. Da jedoch zum Beispiel ein Installateur nicht im Sinne eines durchgängigen Qualitätssicherungssystem in allen technischen Ausführungsdetails gleichermaßen fachkompetent sein kann, sind die Akteure gezwungen, ihre praktischen Arbeitserfahrungen unter Kollegen und damit betriebsübergreifend unmittelbar zu kommunizieren. Im Ergebnis ist es daher nur noch ein sehr kleiner Schritt, das Erfahrungswissen in elektronischer Form zu dokumentieren und unter Kollegen auszutauschen.

### Rohr - in - Rohr - System

**Bei dem Rohr-in-Rohr-System wird ein wasserführendes Kunststoffrohr in einem Schutzrohr verlegt.**

**Die Ein-Zapfstellen-Versorgung macht es möglich, dass auch nachträglich jede Zapfstelle mit unterschiedlichen Wasserqualitäten versorgt wird.**

**Die Umstellung auf unterschiedliche Nutzwasserressourcen kann realisiert werden, ohne dass Stockwerkleitungen demontiert, Fliesen und Wände aufgestemmt werden müssen.**

**Praxisbeispiele von Trink- und Nutzwasser-Installationen erhalten Sie durch [Klicken](#).**



Standardausführung System: JRG SANIPEX® 

Abbildung 4-22: Rohr-in-Rohr-System

Das Rohr-in-Rohr-System, hat sich in fast 20 Jahren als Standard - Sanitärinstallations-system in tausenden von Wohnungen durchgesetzt. Das besondere an dem System ist, in der Wohnung werden an zentraler Stelle zwei Verteiler installiert, von denen aus jede Zapfstelle über eine separate Kalt- bzw. Warmwasserleitung (innerhalb eines Schutzrohres) versorgt wird. Diese sog. Ein-Zapfstellenversorgung erlaubt es, dass (theoretisch) jede Zapfstelle mit unterschiedlichen Wasserqualitäten versorgt werden kann. Bei einer anforderungsgerechten Wassernutzung kann man davon ausgehen, dass eine "1 a Trinkwasserqualität" auch zukünftig für den unmittelbaren menschlichen Konsum wie zum Beispiel Trinken, Kochen, Zähneputzen, Körperwäsche und Geschirrwäsche erwartet wird; eine geringere Nutzwasserqualität wird zum Beispiel für Baden, Duschen akzeptiert, während eine "mindere" Qualität zum Beispiel für die Toilettenspülung, Wagenwäsche, Gartenbewässerung vielfach verwendet wird. Diese Umstellung auf unterschiedliche Wasserressourcen kann bei dem Rohr-in-Rohr-System durchgeführt werden, ohne dass innerhalb der Wohnung später Stemmarbeiten ausgeführt werden müssten.

Durch die Versorgung nur einer Zapfstelle, noch dazu ohne Einzelwiderstände, konnten die Rohrdurchmesser auf 8 mm lichte Weite reduziert werden. Nicht nur dass eine Materialeinsparung dadurch möglich wurde, auch die Stillstandsverluste (beim Warmwasser zusätzlich Energiekosten) können erheblich gesenkt werden.



Abbildung 4-23: Aufputz-Armaturen

Ein Teil der Überlegungen, die unter den Aspekten Reparaturfreundlichkeit, Modernisierung/Nachrüstung und Demontage maßgebend waren, soll auf dieser und den folgenden beiden Seite am Beispiel der Auswahl von Brausearmaturen erläutert werden.

Die heute übliche Standardarmatur im Brausebereich ist die Einhebel-Mischbatterie. Hier wurde ein Modell ausgewählt, das eine spezielle Kartusche besitzt, mit der Wasser und Energie eingespart wird. Wird der Hebel hochgehoben, läuft nur eine kleine Menge aus der Brause. Der volle Brausestrahl fließt erst dann aus der Armatur, wenn der Hebel über einen mechanischen Widerstand hinaus angehoben wird.

Die "nächste" Generation von "pro Komfort und pro Umwelt"-Brausearmaturen stellen sog. Thermostatbatterien dar (auf die bildliche Darstellung wurde hier verzichtet). Diese zeichnen sich besonders dadurch aus, dass immer gleichbleibend wohltemperiertes Wasser sprudelt und das selbst, wenn nach der Duschpause (zum Einseifen oder Einmassieren von Shampoo) das Wasserventil wieder aufgedreht wird.

Die zum Teil extremen Preisunterschiede (ca. 50 bis 500 EUR für Aufputz-Thermostat-Armaturen; ohne Montage) sind in erster Linie auf exklusives Design zurückzuführen.

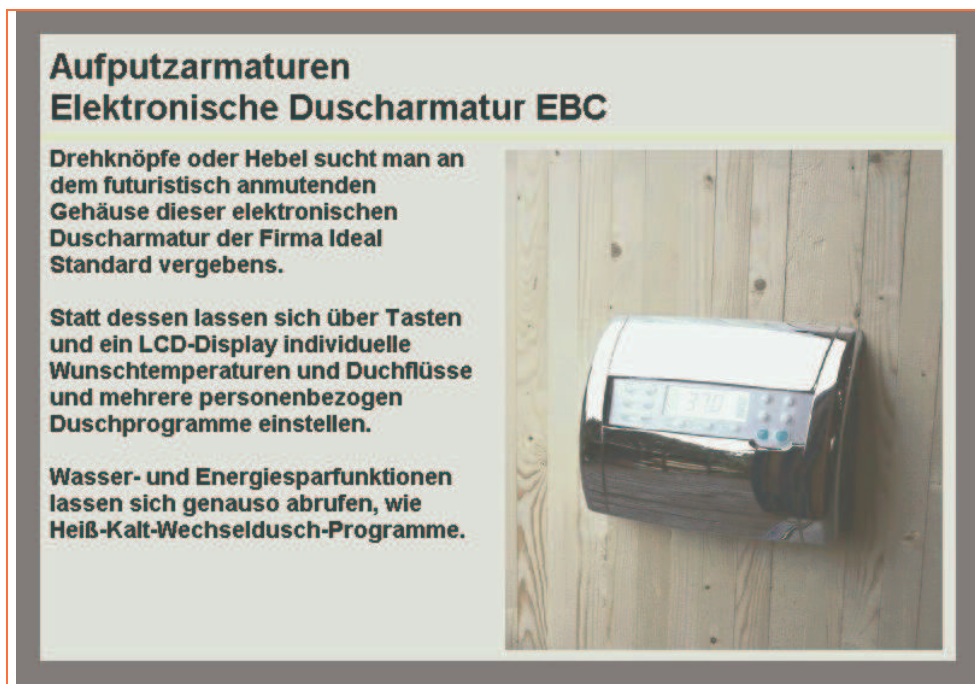


Abbildung 4-24: Elektronische Duscharmatur

Elektronische Brausearmaturen werden auch heute bereits von einzelnen Herstellern - wenn auch als Insellösung - angeboten.

"Einen Meilenstein in der Armaturentechnologie" nennt die Firma Ideal Standard ihre elektronische Duscharmatur EBC. Drehknöpfe oder Hebel sucht man an dem futuristisch anmutenden Gehäuse vergebens.

Statt dessen fällt der Blick auf Tasten und ein LCD-Display. Damit lassen sich die Wunschtemperaturen und Durchflüsse einstellen und mehrere individuelle Duschprogramme (personenbezogen) speichern.

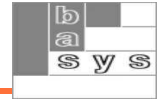
Neben der Eco-Funktion mit Wasser- und Energiesparfunktion kann man auch Heiß-Kalt-Wechseldusch-Programme abrufen.



Abbildung 4-25: Design-Studie: Busfähige haptische Duscharmatur

Die projektinterne Diskussion in dem BASYS-Projekt brachte noch eine weitere Produktinnovation hervor, die bereits mit mehreren Armaturenherstellern diskutiert wurde. Im Ergebnis geht es darum die Funktionalität der oben beschriebenen Insellösung der elektronischen Armatur in der Dusche zu erhalten, die dafür erforderlichen Systemkomponenten werden allerdings im Verteilerkasten integriert. Denn wenn an dieser zentralen Stelle das kalte und warme Trinkwasser anforderungsgerecht gemischt werden, braucht man zur Dusche lediglich noch eine Leitung zur Wasserversorgung. An dieser Stelle sei noch einmal an das besondere Potential des Rohr-in-Rohr-Systems bzw. der damit realisierten Ein-Zapfstellenversorgung erinnert: dadurch dass nur eine Entnahmestelle versorgt wird, kann der Querschnitt der Rohrleitung deutlich kleiner dimensioniert sein, wodurch gleichzeitig auch die Stillstandsverluste deutlich reduziert werden. Im Prinzip kann eine Rohr-in-Rohr-Leitung als Mischwasserleitung genutzt werden, die am Auslaufwinkel endet. Daran ist der Schlauch für die Handbrause befestigt wird. Die wesentlichen Systemkomponenten einer Duscharmatur wie zum Beispiel Stellmotoren, Komponenten zur Wasser- und Energiespartechniken sind in dem Verteiler untergebracht, in dem unvergleichlich mehr Volumen zur Verfügung steht, gegenüber einer Brausearmatur, bei der Vieles in dem Armaturenkörper integriert bzw. hinter einer Blende versteckt werden muss.

Damit sich das BASYS-Team gar nicht erst mit dem möglichen Vorwurf auseinandersetzen muss, wir hätten wieder ein neues Produkt für Menschen entwickelt, die mit der Programmierung ihres Videorekorders nicht ausgelastet sind, besteht der Vorschlag darin,



die Temperatur- und Mengenregelung über einen Hebel zu realisieren, wie er auch bei modernen Armaturen verwendet wird. Auch wenn die endgültige Lösung des Regelungselementes noch nicht in allen Details gelöst werden konnte, besteht im BASYS-Team Einigkeit darin, dass die Regelung primär haptisch erfolgen muss. Die Bedienung des Regelungselementes erfordert sehr viel Feingefühl; an die Griffigkeit sind daher besonders hohe Anforderungen zu stellen, vor allem wenn man mit seifigen Händen die Wassermenge und -temperatur einstellen und nachstellen will. Ähnlich wie die Rückkopplung der oben beschriebenen Energie- und Wassersparbremse zu einem veränderten Nutzerverhalten führt, soll das Regelungselement dies nicht nur an einem einzigen Punkt realisieren, sondern im gesamten sog. Komfortbereich: mit zunehmender Wassermenge und Energieverbrauch wird der Widerstand immer größer.

## 4.4 Erweiterung der LEGOE Haustechnikelemente

### 4.4.1 LEGOE-Software

Die LEGOE-Software gibt im Rahmen der Element-Methode jedem verwendeten Bauteil neben den Kosten-Informationen, die Teil des bisherigen Leistungs- und Elementkatalogs sind, diverse Feindaten mit auf den Weg.

Hierbei läßt sich erstmals auch die Auswertung unter energetischen, ökologischen und „Komfort-/Behaglichkeits“-Aspekten ermöglichen.

LEGOE verknüpft über die gemeinsame LEGOE-Projektdatenbasis den Elementkatalog mit den CAD-, AVA- und Interpretationsprogrammen.

Durch die Bündelung aller Feindaten in Makro- und Grobelemente wird schon in einem frühen Stadium Planungssicherheit und Bewertbarkeit der Entwürfe geleistet.

Mit Hilfe der Interpretationsprogramme kann jeder Planungsschritt qualitativ ausgewertet und optimiert werden, so z.B. im Bereich Baukosten oder Energieverbrauch.

Vergleichspräsentationen mit Referenzobjekten können auf „Knopfdruck“ erstellt werden.

Alle relevanten Gebäudedaten werden von Anfang an gespeichert und verwaltet. Somit können jederzeit Szenarien für den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes wie Betriebs-, Reinigungs-, und Instandsetzungskosten bis zu Demontageaufwand und Entsorgungskosten geliefert werden.

(Detaillierte Angaben zur LEGOE-Software befinden sich im Bericht des Verbundpartners und Projektkoordinators Holger König, Fa. Ascona, Gröbenzell)

### 4.4.2 Elemente Erweiterung

Der bis Mitte 2001 entwickelte Haustechnik-Katalog „Stamm-Zweige“ (siehe Punkt 4.1 Haustechnik-Katalog „Stamm-Zweige“) musste für die Bewertungssoftware LEGOE bearbeitbar gemacht werden.

Da unter Zeit- und Kostenaspekten nicht alle wünschenswerten Elemente für LEGOE nachgeführt werden konnten, wurde unter den Aspekten Komfort, Behaglichkeit, Gesundheit, regenerative Energieversorgung und Lebenszyklus-Optimierung eine Prioritätenliste erstellt.

Ziel war die Nachführung von Elementen mit möglichst hoher Marktdurchdringung und Elemente die eine signifikant bessere Bewertung der BASYS-Gebäude erwarten lassen.

Siedlungskonzepte sind derzeit in LEGOE nicht vorgesehen.

Nachfolgend sind **Haustechnik-Elemente** angeführt, die aus oben beschriebenen Punkten in diesem Projekt **nicht in die LEGOE Elemente aufgenommen** werden konnten:

#### Wärme

- optional vorgefertigtes Haustechnik-Modul (Wärmeerzeuger, Lüftungsanlage, Wasserversorgung, Elektro & Kommunikation), evtl. ausgelagert aus Gebäudehülle oder mit Öffnungen in Gebäudehülle um Austauschbarkeit „am Stück“ zu gewährleisten (Reverse Engineering)
- Wasserstofftechnik (Brennstoffzelle), Pflanzenöl-BHKW's
- „Dämmen mit Solarstrahlung“ durch Aufhebung des Temperaturunterschiedes (nicht vergleichbar mit TWD, da kein aktiver Eintrag), z.B. ESA-Solarfassade (Kartonwabe mit Glasabdeckung, farbliche Gestaltung möglich)
- Geothermie (standortabhängig)

#### Lüftung

- Luft-Ionisation
- Zentral-Staubsauger-Anlage als separates Gerät

#### Sanitär

- Vorgefertigte Brettstapel-Vorwandelemente, z.B. für WC
- Energiegewinnung aus Schwarzwasser
- Wasserenergetisierung (zentral od. dezentral je WE). Als Siedlungskonzept ist die zentrale Lösung ein Brunnenhaus
- vorgefertigte Sanitärzellen (marktgängig oder Eigenentwicklung)
- Trocken-Trenn- bzw. Kompost-Toilette

#### Integriertes Wasserkonzept

- Wassersparen (alle Potentiale bei Armaturen und Sanitärkeramik, z.B. auch Urinseparierungs-Toilette, Urinverwendung in ökologischem Landbau als hochwertiger Dünger, evtl. Doppelnutzung der Fäkalienleitung für Urinableitung mit zeitgesteuertem Schieber)
- Grauwassersammlung und Speicherung z.B. zur Verwendung für Toilettenspülung und Gartenbewässerung
- Restbedarf über kommunales Trinkwasser



- Regenwasser größtenteils direkt in den natürlichen Wasserkreislauf rückführen (Versickerungsmulden, Straßenrigolen), kleiner Anteil in Zisterne für Gartenbewässerung
- Ökologische Abwasserbehandlung (Sedimentation, Tauchtropfkörperanlage) mit lokaler Nährstoffrückgewinnung in „Living-machine“ bzw. Aquakulturbereich (weitere Wasserreinigung in Fischteich-Treibhaus-Verbund mit Nutzpflanzen und -tieren, z.B. Tomaten, Gurken, Fische, Krebse) auch als Visualisierungs- und somit Motivationsmaßnahme

#### Elektro / BUS-Technologie

- Elektrobaubiologie
- internes Lastmanagement (auch für Siedlungskonzept)
- Sensor-Aktor-Komponenten (Bsp. : Panikschalter, Anwesenheitssimulation, Bewegungsmelder für Lichtsteuerung u. Alarmanlage, Rauchmelder, ...)
- Zentraler Touch-Screen-Monitor (Display für Visualisierung und Auswertung der Ist-Zustände (Technik u. Energiekennzahlen) sowie direkte Ansteuerung der Einzelkomponenten)
- „Dienstleistungs-Box“ an Eingangstür (z.B. für Anlieferungen von Lebensmittel ohne Anwesenheit der Bewohner, mit Kühlfunktion)
- Intelligente Weiße Ware kombiniert mit HES-System (Home Electronic System) zur Überwachung

Alle übrigen Elemente des Haustechnik-Katalogs „Stamm-Zweige“ (siehe 4.1) sind nun im Rahmen dieser Arbeit nachgeführt bzw. an die aktuelle Situation und Datenlage angepaßt worden.

Das heißt sowohl die notwendigen Elemente für das BASYS-Mustergebäude (siehe 4.5) sowie die Elemente für das projektbegleitete Bauvorhaben „Bornstedter Feld“ (siehe 4.7.1) liegen durchgängig vor, und erlauben somit eine Bewertung dieser Objekte mittels der LEGOE-Software (siehe Bericht des Verbundpartners und Projektkoordinators Holger König, Fa. Ascona, Gröbenzell).

Mit den nun vorliegenden ökologischen Haustechnik-Elementen können die meisten auch ökologisch innovativen Gebäude simuliert und abgebildet werden.

Um eine Durchgängigkeit der Bewertung zu erhalten und auch um die Aussagekraft der Ergebnisse zu erhöhen, empfiehlt sich die Einbindung oben dargestellter nicht nachgeführter Elemente in einem Nachfolgeprojekt.

## 4.5 Wohngesundes Mustergebäude

Um die Durchgängigkeit der eingesetzten Berechnungs- und Planungswerkzeuge (Architektur, Haustechnik, LEGOE) zu testen wurde ein virtuelles Mustergebäude als „reduziertes“ Einfamilienhaus erstellt und mit Haustechnik-Komponenten bestückt.

Das Mustergebäude soll alle spezifischen Anforderungen einer Gebäudeplanung und – Simulation erfüllen, dies jedoch qualitativ und nicht quantitativ.

Demzufolge wurde ein einfach strukturiertes und mit geringem Volumen und Grundfläche ausgestattetes Gebäude unter Federführung des Verbundpartners Büro Eble, Tübingen entwickelt.

Erster Schritt war die Auswahl der erforderlichen Haustechnik-Elemente für LEGOE. Die Bestückung des Mustergebäudes mit Haustechnikkomponenten sollte möglichst auf Basis der aktuell vorhandenen SirAdos-Elemente aufbauen.

Daher sind im Mustergebäude nur die für BASYS-typische Gebäude unerlässlichen Komponenten angeführt.

### Aufstellung der Haustechnik-Komponenten des Mustergebäudes:

|                  |  |
|------------------|--|
| Medienversorgung | Hauseinführung Gas, Wasser, Elektro, Telekommunikation,<br>möglichst als Mehrsparten-System<br>außentemperaturgeführt<br><br>Hausanschlußschrank         |
| Lüftung          | Mechanische Abluftanlage,<br>Absaugung in Bad/WC/Küche, Zuluft in Wohnbereiche über<br>Zuluftelemente in Außenwand od. Fenster<br><br>Fortluft über Dach |

|                    |   |
|--------------------|---|
| Heizung            | <p>Gas-Brennwert-Therme, wandhängend, außentemperaturgeführt</p> <p>(Außenwand-) Luft-Abgas-Rohrsystem</p> <p>Wandheizfläche 1 (integriertes System mit in Wand eingelegten Kupfer-Rohr-Schlangen, alternativ Kunststoff-Rohr z.B. Hexatherm)</p> <p>Wandheizfläche 2 (adaptiertes System möglichst mit Trockenbau-Fertig-Lehmelement und integrierten Kunststoff-Metall-Verbundrohren z.B. Fa. WEM Systembau)</p> <p>Kombinierter Verteilkanal in Decke oder Wand (Elektro &amp; Heizung) mit Holzblende</p> |
| Elektro            | <p>Standard-Ausstattung laut vorhandenem Elementkatalog</p> <p>Steckdose außerhalb Verteilkanal in Brettstapel-Element eingefräst</p>   |
| Sanitär & Abwasser | <p>WC, Dusche/Badewanne und Waschtisch in Vorwand-Installation (Standard-Ausstattung laut vorhandenem Elementkatalog)</p> <p>Warm- und Kaltwasserverteilung über Kunststoff-Rohr-in-Rohr-System ab Verteiler (z.B. JRG Sanipex, Fa. Gunzenhauser)</p> <p>Abwassernetz (Standard-Ausstattung laut vorhandenem Elementkatalog)</p>  |

Abbildung 4-26: Haustechnik-Komponenten des Mustergebäudes

Die vom Architekturbüro per Email zur Verfügung gestellten Gebäudepläne wurden mit oben dargestellten Haustechnikkomponenten und der Leitungsführung ergänzt und auf „Basysnetz„ veröffentlicht.

Nach dem integralen Optimierungsprozeß der Architektur und der Haustechnik-Integration wurden die Verknüpfungen zum Bewertungsprogramm LEGOE hergestellt und ausgeführt (siehe Bericht des Verbundpartners und Projektkoordinators Holger König, Fa. Ascona, Gröbenzell).

Mit dem Durchlauf des Mustergebäudes durch die verschiedenen Planungs- und Bewertungsstufen innerhalb der Arbeit der Verbundpartner wurde nachgewiesen, dass die integrale Planungsaufgabe über die vorhandene Planungsplattform „Basysnetz“ durchgängig einsetzbar ist und funktioniert.

Nachfolgende Abbildungen zeigen das BASYS-Mustergebäude mit integrierten Haustechnik-Komponenten:

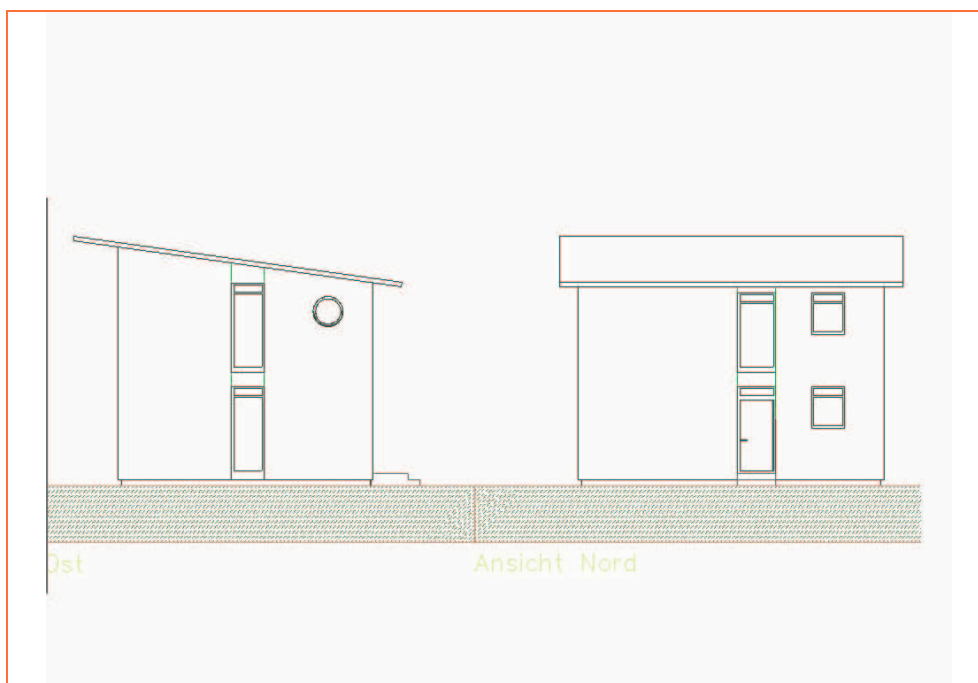


Abbildung 4-27: Mustergebäude, Ansichten

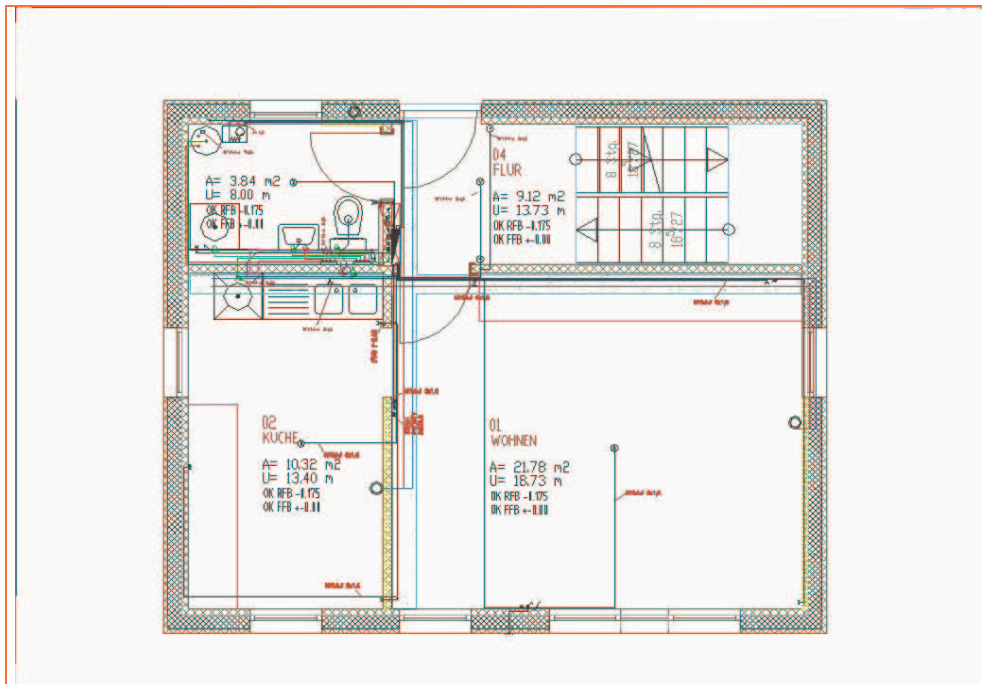


Abbildung 4-28: Mustergebäude, Grundriss EG

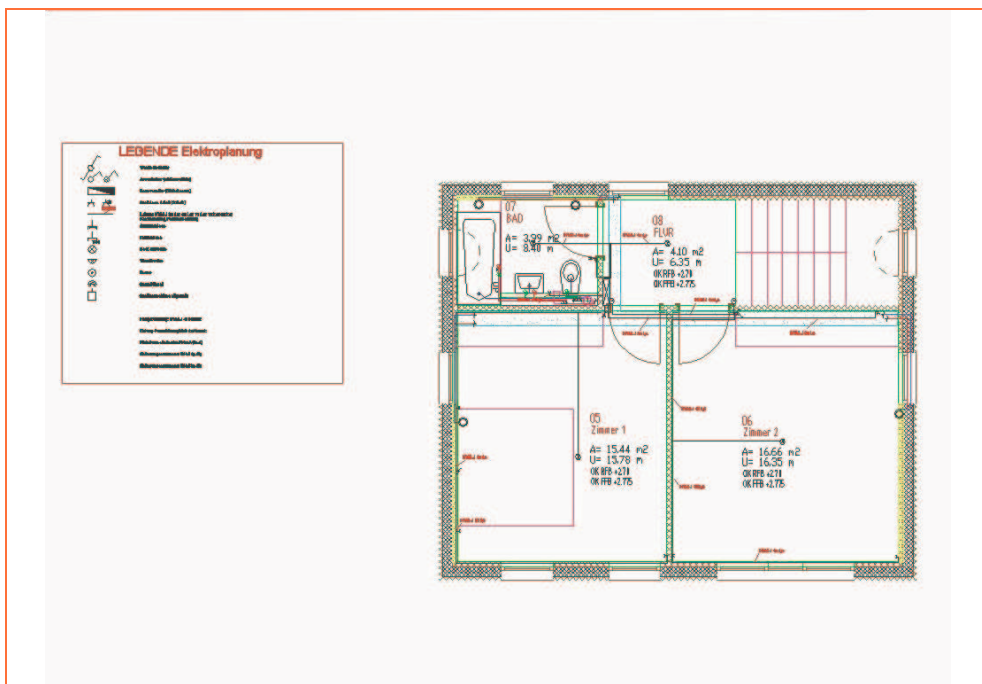


Abbildung 4-29: Mustergebäude, Grundriss OG

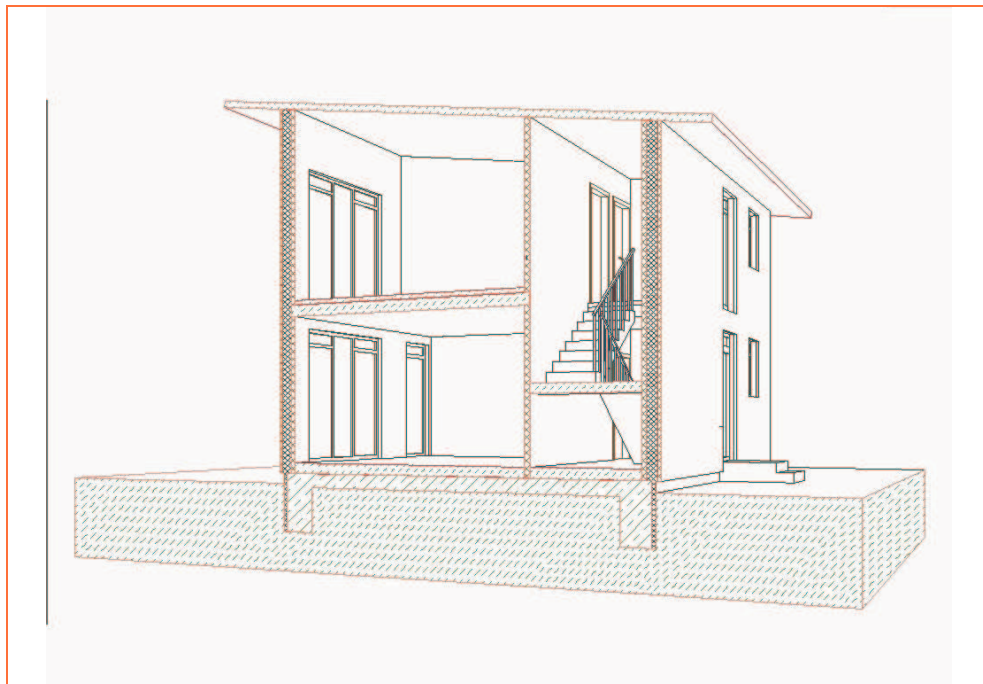


Abbildung 4-30: Mustergebäude, 3-D Schnitt 1

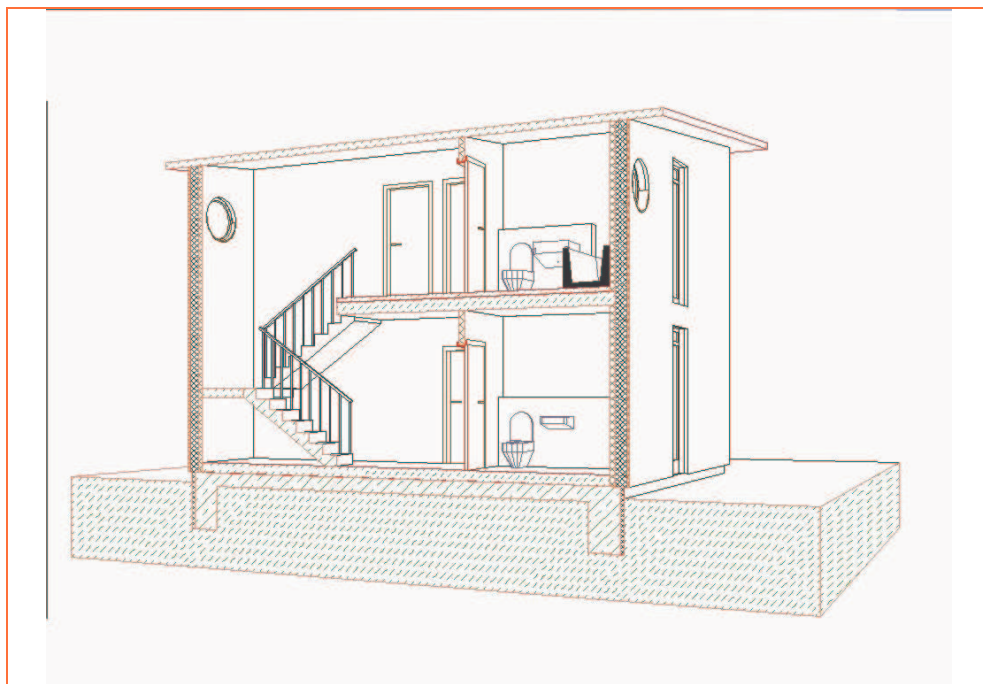


Abbildung 4-31: Mustergebäude, 3-D Schnitt 2

## 4.6 CAD-CAM-Kette, Fertigung, Modellproduktion

### 4.6.1 Randbedingungen und Einbindung der Fachplanung

Die Zielsetzung einer durchgängig vorhandenen Planungsstruktur mit implementierter CAD-CAM-Kopplung, bedingt in realen Bauprojekten niedrigere Gesamtkosten, hohe Dauerhaftigkeit, hohe Flexibilität und langfristige Anpaßbarkeit der erstellten Gebäude.

Die dann vorhandene große vertikale und horizontale Planungstiefe der Haustechnik mit den Schnittstellen zur Bautechnik ermöglicht ein schnelleres, effektiveres und fehlerfreies installieren. Die erforderliche und vorhandene interdisziplinäre Komplexität bei Planung, Fertigung und Montage ist die Garantie für hochwertige Lösungen.

Der Ausgangspunkt in BASYS für die CAD-CAM-Kopplung liegt im Bereich der virtuellen Unternehmen. Der Zusammenschluss von verteilt arbeitenden Planern wie Architekt, Haustechnik-Ingenieur und Statiker und den dezentralen, mittelständischen Unternehmen wie Holzbauunternehmer, Innenausbau und Haustechniker, die die Ausführung inne haben, erfordert eine auf diese Situation abgestimmte Lösung. Die traditionellen Zuständigkeiten innerhalb des Montageprozesses werden hinsichtlich der Eigenständigkeit der beteiligten Partner beibehalten. Die Kompetenzen der Partner spiegeln sich in spezialisierter Software für Ökobewertung, Fachplanung, Fertigung, usw. wieder. Hierdurch ergibt sich für das Verbundprojekt eine „Schnittstellen-Lösung“ als einzige praktikable Lösung.

Für Erweiterungen ist innerhalb der CAD-CAM-Anbindung ein offenes und in sich schlüssiges System von Details bereitzustellen. Dies muss innerhalb der CAD des Architekten, der des Fachplaners und der des Herstellers abgebildet werden. Der Zeitaufwand im Bauprozess soll hiermit minimiert werden und gleichzeitig soll die Erhöhung von Qualität und Kostensicherheit erreicht werden.

Der Schwerpunkt bisher vorhandener und im Einsatz befindlicher Software liegt gegenwärtig noch bei der Bearbeitung von stabartigen Bauteilen, wie sie bei Dachstühlen und im Holzrahmenbau auftreten.

Für eine komplexe Bearbeitung mit lamellierten, plattenartigen Bauteilen wie sie in der Brettstapelholz-Technologie zum Einsatz kommen, sind diese Systeme nicht optimiert.

Alle betrachteten CAD-Systeme, sowohl die der Planer als auch die für Hersteller sind so stark auf ihre jeweiligen Einsatzgebiete spezialisiert, dass sie nicht gleichwertig untereinander ausgetauscht werden können.

Die CAD-CAM-Kopplung in BASYS verfolgt daher das Ziel, dass Bauteile mit einem Minimum an zusätzlichem Aufwand und Interpretation von der CAD der Planung in die CAD der Fertigung gelangen kann.

Eine ausführliche Dokumentation und Darstellung der Voraussetzungen, Ziele und Ergebnisse befinden sich im Bericht des zuständigen Verbundpartners IFIB (Institut für industrielle Bauproduktion), Uni Karlsruhe.

Die Kommunikation zwischen Architekt und Fachplaner erfolgt weitgehend konventionell: Der HLS-Planer erhält vom Architekten eine dreidimensionale Kopie des Gebäudemodells als AutoCAD 2000-DWG. Auf einem separaten Layer trägt der Fachplaner in dieser Zeichnung seine Planung unter Verwendung spezieller Werkzeuge ein. Die Übergabe der Fachplanung an den Architekten erfolgt als dreidimensionale Zeichnung (AutoCAD 2000-DWG), welche nur die Objekte auf dem HLS-Layer enthält. Der Architekt baut diese Zeichnung als primitive Zeichnungsbestandteile (= „in den Ursprung zerlegter Block“) in seine Planung ein.

Ziel ist es also, eine möglichst einfache Datenstruktur mit einer durchgängigen Arbeitskette von der CAD bis zur Maschinenansteuerung beim Brettstapel-Hersteller zu ermöglichen.

Aufgrund erst im Projektverlauf sichtbar gewordener Restriktionen der Hard- und Software der Brettstapel-Bearbeitungsmaschinen (siehe ausführliche Darstellung im Abschlussbericht des IFIB) wurde die Programmierung direkt in der Bearbeitungsmaschine vorgenommen. Somit können exemplarisch die Potentiale, Möglichkeiten und Einsatzgebiete demonstriert und getestet werden.

## 4.6.2 Fertigung und Modellproduktion

### 4.6.2.1 Fertigung

Die Vorteile der Integration von Elektro-, Heizungs-, Lüftungs- und Sanitärinstallation in die Fertigung von Brettstapel-Massivholzelementen ergeben sich aus der dann vorhandenen genauen Dokumentation der Lage und Art der eingebauten Produkte. In Kombination mit lösbaren Verbindungen und Verblendungen läßt sich die Pflege- und Demontage der Installationen einfach planen und realisieren.

Durch die exakte Dokumentation von Produktort und –art, läßt sich ein auf seinen Lebenszyklus optimiertes Gebäude auch planbar warten, erneuern und rückbauen.

Um Maschinen-Einsatzzeit und somit Kosten zu sparen, soll die **Bearbeitung** von Brettstapel-Elementen wenn möglich **nur von einer Wand-Seite** erfolgen. Somit können Tischwendemanöver und erneute Justierungen und Kalibrierungen eingespart werden.



Bei dieser sogenannten asymmetrischen Bearbeitung nur von einer Seite, wird in der Regel „von hinten“, d.h. auf der Rückseite einer potentiell sichtbaren Brettstapel-Wand oder –Decke gefräst. Nach Bestückung der Fräsung mit den Vorinstallationen der Haustechnik (Leerrohre, Dosen, Kabel, ...) wird die Brettstapel-Wand mit einer OSB-Platte beplankt, siehe auch Bericht des Verbundpartners Merkle GmbH, Bissingen.

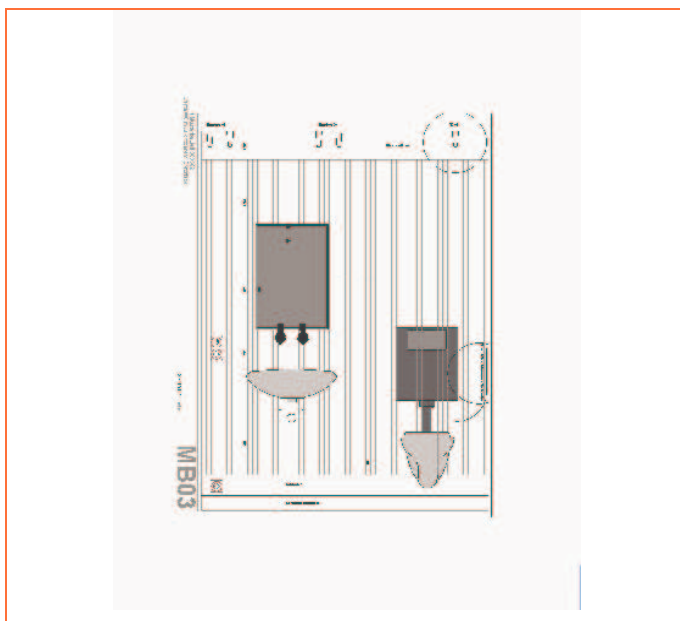
Um einen innovativen Fortschritt zu erzielen, wird versucht, die notwendigen Fräsungen nicht nur als Hohlraum für die aufzunehmende Haustechnik zu verstehen, sondern es soll gleichzeitig noch die Funktion der Befestigung durch eine Passfräsung gewährleistet werden. Die **Forderung** heisst also: „**Fräsung entspricht Befestigung**“.

#### 4.6.2.2 Modellproduktion

Die nachfolgenden Bilder zeigen Vorgänge der Modellproduktion im Sommer 2002 bei Firma Merkle Holzbau in Bissingen/Teck.

**Weitere Bildbeispiele** zur Modellproduktion auch zu den Details „hinter der sichtbaren Brettstapelwand“ im dahinterliegenden Installationsschacht befinden sich **in Anlage 3**.

Die Modellproduktion enthält Detaillösungen die während der Laufzeit des Verbundvorhabens BASYS entwickelt wurden, siehe entsprechende Querverweise zum Kapitel 4.2 optimierte technische Erschließung und brettstapelgerechte Installationen.



Im Bild dargestellt ist das entwickelte Musterbauteil. Links der BASYS-typische Medienkanal (Fräsung rückseitig) mit Schalter, Steckdosen und Raumthermostat. Über dem Waschbecken hinter dem Spiegel befinden sich Kalt-, Warm- und Betriebswasser-Verteiler. Im oberen Bereich sind die Arbeitsräume für die Bauteilkopplung mit Rohrleitungen enthalten. Der Toiletten-Spülkasten befindet sich im rüchseitigen Installationsschacht.

Abbildung 4-32: Musterbauteil, Quelle M. Zwölfer, ifib

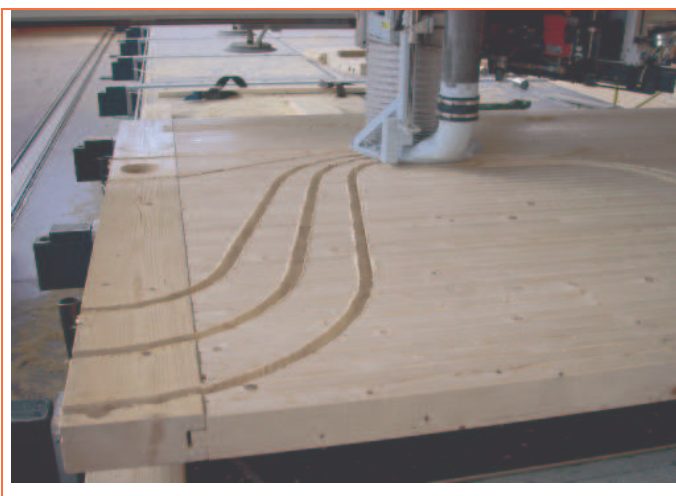


Die Modellproduktion hatte die Aufgabe die erarbeiteten Lösungen und Verfahren zu überprüfen bzw. die Machbarkeit zu demonstrieren.

Unseres Wissens sind dies die ersten Beispiele für Leitungsintegration in Brettstapel-Elemente.

Nach der Erfassung und Eingabe werden die Daten an das Bearbeitungszentrum mit Multifunktionsbrücke und Steuerstand übergeben.

Abbildung 4-33: Multifunktionsbrücke mit Steuerstand



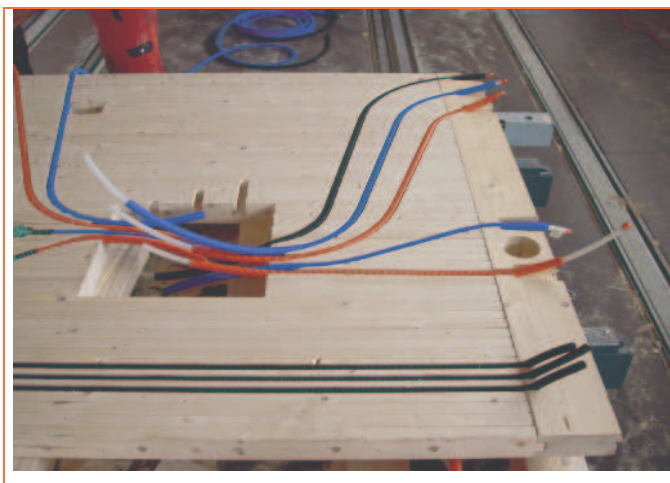
Auf dem Arbeitstisch befindet sich das eingespannte Holz-Brettstapel-Element.

Die Fräsung der Leitungsquerschnitte mit der im Bild dargestellten Multifunktionsbrücke soll möglichst nur von einer Seite erfolgen, um Wende- und Justiergänge zu minimieren und einzusparen.

Abbildung 4-34: Fräsvorgang mit Multifunktionsbrücke

Die Fräsgenauigkeit unter realen Bedingungen ist als sehr gut zu bewerten. Die angestrebte Halterung bzw. **Befestigung der Rohrleitungen** und Leerrohre alleine **durch eine Passfräsung** (siehe auch 4.2.1) konnte **vollständig verifiziert** werden.

Dies stellt ein außerordentlich wichtiges und weitreichendes Ergebnis hinsichtlich Nutzung von Synergieeffekten dar. Nur durch Mehrfachnutzung der erforderlichen Bohrungen läßt sich der entstehende monetäre Aufwand reduzieren.



Die eingelegten Rohrleitungen für Betriebs-, Kalt- und Warmwasser mit Rohr-in-Rohr-System ab Verteiler (hinten) sowie Elektro (vorne) werden nur durch händisches Einfügen in die Fräsung gehalten.

An Übergängen zu angrenzenden Bauteilen wird ein Arbeitsraum ausgefräst. (Siehe Designstudie wasserdichte „Schiebemuffe“ als Verbinder, 4.2.2.4 )

Abbildung 4-35: Brettstapelintegrierte Leitungen

Die mit Installationen bestückte Seite des Elements wird mit OSB-Platten beplankt, hierin werden im nächsten Arbeitsgang weitere notwendige Bohrungen und Fräsungen angebracht.



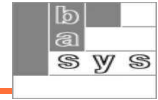
Die Wasserverteiler für Kalt-, Warm- und Betriebswasser sind hinter einem abnehmbaren Spiegel installiert (siehe auch 4.2.1).

An der sichtbaren Brettstapel-Wand sind links Elemente des in BASYS entwickelten Medienkanals neben der Tür (siehe 4.2.2.1) mit Raumthermostat, Schalter und Steckdose zu erkennen.

Der hier gezeigte Ausschnitt stellt die Variante eines fertig bestückten Gäste-WC's dar, nur die Aufputzwandarmatur über dem Waschbecken muss noch montiert werden.

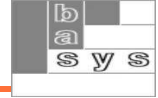
Gegebenenfalls sind je nach Nutzungsgrad noch ein Glasspritzschutz im Bereich Waschbecken und WC zu montieren.

Abbildung 4-36: Brettstapel-Modell bei Fertigmontage



## Ergebnisse der Modellproduktion:

- Fräskonturen sind sehr exakt herstellbar, selbst „**Sichtqualitäten**“ sollten kein Problem bereiten. Dies eröffnet neue Möglichkeiten der sichtbaren Integration von Haustechnik-Elementen in die Brettstapel-Wände und –Decken. Denkbar sind z.B. neue und kostengünstige Varianten der Leitungs-, Schalter- und Dosenmontage bzw. –Befestigung. So könnte z.B. in obigem Bild des Brettstapel-Modells die Leitungsverteilung von der sichtbaren Raumseite aus eingefräst und die Leitungen in Form eines gefärbten Glas-Spritzschutzes abgedeckt werden.
- Die planerisch vorgegebene Forderung der „**Befestigung durch Fräsung**“ konnte vollkommen bestätigt werden und hat die Erwartungen erfüllt. Die Integration von Leerohren, Leitungen oder auch Sanitär-Anschlussdosen ist ohne weitere zusätzliche Befestigungsmassnahmen ausführbar.
- Justier-, Befestigungs- und Kalibriervorgänge sind zeit- und arbeitsintensiv. Um die Fertigung und somit auch die Kosten zu optimieren muss der Forderung nach **Bearbeitung nur von einer Seite**, um Werkstückwendevorgänge zu minimieren, eine hohe Priorität eingeräumt werden.
- Die Bearbeitungszentren sind für den Holzrahmenbau und nicht für die Brettstapel-Bearbeitung entwickelt und ausgestattet. Dies tritt vor allem bei der Fräsgeschwindigkeit aus dem Vollholzelement und dort v.a. bei Richtungsänderungen hervor. Jede Richtungsänderung, d.h. z.B. ein Kreisbogen, wird von der Maschine in kleinste orthogonale x- und y-Richtungen auf der Koordinatenachse zerlegt. Zwischen jeder Richtungsänderung legt die Maschine einen (nicht wahrnehmbaren) Stop ein.
- Die Selbstkalibrierung der Anlage sowie die direkt am Fräskopf mitlaufende Spanabsaugung, konnte während der Modellproduktion noch nicht zufriedenstellend gelöst werden.
- Eine **Markierungsfunktion** konnte **noch nicht implementiert** werden. Erforderlich wäre eine Markierung der unter der OSB-Beplankung befindlichen Rohrleitungen. Für nachfolgende Arbeiten ausserhalb der CAD-CAM-Kette ist dies zur Fehlervermeidung unerlässlich. Nach dem Arbeitsgang „OSB-Platten-Befestigung“ muss die Multifunktionsbrücke mittels einer Farbsignatur oder einer Reissnadel die nicht mehr sichtbaren Leitungswege und eventuell die Dimensionen grafisch aufbringen.



Bei grosstechnischer Anwendung der integrierten Installationen in Brettstapel-Elemente sind bei allen oben angeführten, verbesserungsbedürftigen Punkten entscheidende Optimierungen möglich.

Die CAD-CAM-Kopplung wurde mit der Modell-Produktion exemplarisch umgesetzt und hat die oben beschriebenen positiven und ermutigenden Ergebnisse geliefert.

Grundsätzlich wurde **nachgewiesen, dass** die in Kapitel 4.2.2 beschriebenen **brettstapelgerechten Installationen ausführbar sind** und den Erwartungen hinsichtlich Qualität und Vorgaben voll entsprechen.

Hier zeigt sich ein **vielversprechender Weg für die Zukunft: Der Einsatz internetfähiger und untereinander kompatibler Planungs- sowie CAD- und CAM-Software in einem integral arbeitenden Projektteam aus Planern und Ausführenden.**

Weitere Informationen zu CAD-CAM-Kopplung siehe Projektpartner IFIB, Karlsruhe und Merkle, Bissingen.

## 4.7 Projektbegleitende Bauvorhaben

### 4.7.1 Bornstedter Feld, Potsdam

Der erste Bauabschnitt des Bauvorhabens "Bornstedter Feld, Potsdam" wurde innerhalb des BASYS-Projektzeitraumes erstellt. Zwei Projekt-Verbundpartner sind in die Planung bzw. bauliche Umsetzung involviert: Architekturbüro Eble sowie Fa. Merkle Holzbau GmbH.

Obwohl die Planungen des Bauvorhabens bei Projektbeginn fast vollständig abgeschlossen waren, sind einige Ziele des Forschungsprojektes verwirklicht worden.

Alle Decken und die Mehrzahl der Wände der Gebäude sind in Brettstapel-Technologie erstellt. Eine CO<sub>2</sub>-neutrale Energieversorgung in Form einer Holz-Pellet-Heizzentrale versorgt das gesamte Baugebiet von derzeit 19 Gebäuden.



Abbildung 4-37: Ansicht Bornstedter Feld, Potsdam

Unsere Firma (S&H Solar-Energiekonzepte GmbH) wurde nicht für Planung und Ausführung der Haustechnik beauftragt, da bei dem beauftragten Generalunternehmer eine eigene Haustechnikabteilung zur Verfügung stand. Insofern ist es nicht verwunderlich, dass die haustechnischen Installationen im ersten Bauabschnitt des o. a. Bauvorhabens "Potsdam, Bornstedter Feld" in weiten Bereichen nicht den jeweils aktuellen Erkenntnisstand des BASYS-Projektes widerspiegeln.

Weitere Informationen zum Bauprojekt „Bornstedter Feld“ siehe Berichte der Verbundpartner.

#### **4.7.1.1 Beschreibung „basysrelevanter“ Haustechnik**

Laut Leistungsbeschreibung vom 15.03.2001, ArGe Brenne/Eble/Baresel/Merkle

##### **Haustechnik-Verteilung**

Haustechnik-Übergabeschränk, vertikale Mehrsparten-Installationsschächte (HLSE) mit Revisionsöffnungen, optional als vorgefertigte Einheit. Führung der Leitungen Elektro und Heizung unter dem Estrich.

##### **Wärmeerzeugung**

Nahwärmekonzept mit Sammelheizungs-Anlage auf Holz-Pellet-Basis, Hausübergabestation mit integrierter Warmwasserbereitung (Durchfluß-System oder Speicherbeladung).

##### **Wärmeverteilung/-abgabe**

Einbrennlackierte Plattenheizkörper mit glatter Oberfläche, Farbe weiß RAL 9010 mit Thermostatventilen, vor Glasflächen mit Ableitblech, Wohnzimmer mit türhohen Röhrenradiatoren, Bad mit Handtuchheizkörper.

Option: Lehmputz mit Wandheizung (anstelle Gipsplatten und Heizkörper).

##### **Lüftung**

Kontrollierte Be- und Entlüftungsanlage (ohne Wärmerückgewinnung) mit Spalt-Lüftungselementen in Fenstern und Abluftabsaugung über WC/Bad und Küche, Überströmung über verkürzte Türblätter.

##### **Entwässerung**

Entwässerung des Regenwassers im Gartenbereich über offene Rinnen zu Versickerungsmulden zwischen den Hauszeilen, ansonsten über Sickerschächte, Drainage im Fundamentbereich inkl. Kontrollstutzen, für alle Gebäude, Regenrinne und Fallrohre aus Titanzink.

##### **Sanitär Vorinstallation**

Versorgungsleitungen aus korrosionsfreiem PE-Rohr-System, Abwasserleitungen aus heißwasserbeständigem Kunststoff, in Küche Be- und Entwässerungsanschlüsse für eine Spüle,

Spülkästen und Tragrahmen für Hänge-WC's, 1 Waschmaschinen-Anschluß.

Optional: Regenwassernutzung, außenliegende Zisterne, ca. 3 m<sup>3</sup> aus Betonfertigteilen für WC-Spülung, Raumreinigung und Gartenbewässerung. Getrenntes Rohrleitungsnetz für Trink- und Regenwasser, mit erforderlichen Vorfiltern und Trinkwasserzulauf.

### **Elektroinstallation**

Komplette Elektroinstallation auf der Grundlage der VDE und DIN Vorschriften. Unterverteilung, 2-reihig, im Erdgeschoß inklusive der kompletten Bestückung.

#### **4.7.1.2 Optimierungsmöglichkeiten im BASYS-Kontext**

Auf den folgenden Seiten sind einige **Ausführungsbeispiele dokumentiert und in dem BASYS-Kontext beschrieben, weitere Beispiele siehe Anlage 7.**

Generell muss man jedoch vorausschicken, dass eine Integration der Haustechnik in die Brettstapel-/Holzrahmenbauelemente nicht geplant war.

Es handelt sich um Standardinstallationen, die sich von einer Massivhaus-Installation nicht unterscheidet.



Um die Elektroleitungen in dieser Treppenhauswand - Holzrahmenwand die mit OSB-Platten beplankt sind - zu verlegen, mussten diese Platten nachträglich ausgebohrt werden. Die Ständer und Holmen mussten mit mehreren Bohrungen freigelegt werden, damit die Elektroleitungen in deren Bereich in der Plattenebene verlaufen können. Im Ergebnis hat man bei dieser Wandkonstruktion den Arbeitsaufwand, jede einzelne Montagebohrung tischler-

*Abbildung 4-38: Leitungsführung (Heizung und Elektro/Kommunikation)*

mäßig zu schliessen, gescheut, indem die gesamte Wand zusätzlich mit Fermacell beplankt wurde.



Heizungsleitungen (links) werden im Estrich verlegt, ohne Leerrohr und inkl. T-Stücken / Kupplungen.

Die Elektroverteilung wird ebenfalls ohne Leerrohr im Fussbodenaufbau und in den Wänden realisiert. Eine Vorfertigung der Leitungsführung ist nicht erfolgt. Dies führt zu hohem händischem Aufwand auf der Baustelle. Reversibilität bzw. Nachrüstungsmöglichkeiten sind nicht gegeben.

Abhilfe können hier eine detaillierte Vorplanung mit Leitungsführung in reversibel zugänglichen Decken- und Sockelkanälen bringen.



Die Deckenleuchte einer sichtbaren Brettstapel-Decke wird über den Fussbodenaufbau des darüberliegenden Geschosses versorgt.

Reversibilität bzw. Nachrüstungsmöglichkeiten sind nicht gegeben.

Abhilfe z.B. über Zuleitung durch eine reversibel eingelegte Brettstapel-Lamelle über dem Elektrokabel mit Leerrohr und reversible Kanäle im Wandbereich.

Abbildung 4-39: Anschluss Deckenleuchte bei sichtbarer Brettstapel-Decke



Zuluftöffnung für Zuluftventile im oberen Fenster-Blendrahmen Bereich. Die Bohrungen wurden händisch auf der Baustelle hergestellt.

Vorplanung und Vorfertigung erbringen auch bei diesem Detail Zeit- und Kostenersparnis und eine exaktere Ausführung.

Abbildung 4-40: Zuluftbohrungen für Ventil im oberen Fensterblendrahmen

Vor allem bei der Integration der Haustechnik in Architektur und Bautechnik sind bei diesem Bauvorhaben Defizite festzustellen.

Eine integrale Planung aller am Prozess Beteiligten schon ab den ersten Vorplanungen inklusiv der Anwendung neuartiger Produktionsverfahren bei der Brettstapel-Elemente-Herstellung können hier einen entscheidenden Beitrag für Optimierungen leisten.

Weitere Bildbeispiele siehe Anlage 7.

Abgesehen hiervon stellt das Bauvorhaben „Bornstedter Feld, Potsdam“ ein sehr innovatives und zukunftsfähiges Projekt dar.

Dies wird nicht zuletzt durch die Lebenszyklusbetrachtung der Gebäude mit der Bewertungssoftware LEGOE dokumentiert (siehe Bericht des Verbundpartners und Projektkoordinators Holger König, Fa. Ascona, Gröbenzell).

**Im Vergleich zu herkömmlichen Bauvorhaben sind hier entscheidende Vorteile in Richtung Nachhaltigkeit erzielt worden.**

## 4.7.2 Wohnhaus Klute

Das Bauprojekt wurde gemeinsam von den drei Projektpartnern Joachim Eble Architektur, Tübingen, der Merkle GmbH – Holz- und Fertigteilbau, Bissingen und der S&H Solar-Energiekonzepte GmbH, Hechingen geplant und realisiert.

In weiten Bereichen decken sich die **Zielvorgaben des Forschungs-Projektes** mit den tatsächlich im Wohnhaus Klute **realisierten** Komponenten und Massnahmen.

Eine weitere organisatorische Zielvorgabe des Projektes im Bereich der **integralen Planung und Bauausführung** wurde ebenfalls fast durchgängig realisiert. Neben dem Architekturbüro Joachim Eble zeichnen sich nur zwei Firmen für Planung und Ausführung verantwortlich. Für die Bauhülle und den kompletten Ausbau die Fa. Merkle und die S&H Solar-Energiekonzepte für die gesamte Haustechnik. (Siehe auch Bericht Projektpartner Joachim Eble Architektur)



Abbildung 4-41: Südansicht Wohnhaus Klute, kurz vor Fertigstellung

#### 4.7.2.1 Beschreibung „basysrelevanter“ Bautechnik

##### **Beton u. Mauererarbeiten:**

Bodenplatte aus Beton, Kelleraußenwände aus Ziegelmauerwerk, Naturkeller unverputzt, Fussbodenaufbau Naturkeller mit Sauberkeitsschicht aus LEKA-Granulat 5 cm und Kalkkies 20 cm, statisch tragende und aussteifende Innenwände im UG aus Hochlochziegel.

##### **Außenwände EG und OG:**

Außenwände verputzt, Aufbau: Lehmputz, teilweise als Wandheizfläche, 80 mm Vollholzwand in Brettstapelbauweise (Douglasie), OSB-Platte zur Aussteifung und Luftdichtung, Mineralfaserdämmung / Wärmedämm-Verbund-System.

##### **Innenwände:**

Brettstapelwände, Aufbau: Lehmputz beidseitig, 80 mm Brettstapel.

##### **Geschossdecken über EG und OG:**

Decke über EG und OG als Brettstapelbauweise (Douglasie), Einzelbretter dreiseitig gehobelt, nicht gefast.

Unterdecke der EG-Decke: Gipsfaserplatten dreilagig mit Federbügel, ca. 100 mm abgehängt, Hohlraum mit Flachsdämmplatten.

Fussbodenaufbau entfällt, sichtbare Brettstapeloberfläche, nach Baufertigstellung abschleifen und mit Naturharzöl behandeln, Holzfussleisten in Douglasie lasiert in Teilbereichen reversibel montiert mit integrierten Elektroden und dahinterliegenden Elektro-, Kommunikations- und Heizungsleitungen.

##### **Dachkonstruktion:**

Aufbau Pfettendach mit Sparren, Tondachsteine, Zellulosedämmung als Sparrenvoll-dämmung.

Sonnenschutzkonstruktion: Brettstapelelement mit Zinkblechdeckung und Anschluss an das Solar-Synergie-Dach, biegesteif verleimte Holzrahmen in Douglasie mit Anschluss an die Fassade, eingelegter Lattenrost als Sonnenschutz für das EG.

Süddachfläche als Solar-Synergie-Dach.

### **Fensterarbeiten:**

Blendrahmen aus Douglasie, Wärmeschutzverglasung  $k_v = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Lüftungseinrichtungen als Nachströmeinheit im oberen Rahmenprofil, Laibung in Douglasie, außenliegende Rolläden.

### **Ausbauarbeiten:**

Stockwerkstreppe in aufgesattelter Douglasie, Bodenbeläge Nassräume und Flur in Fliesen, Naturkeller in Kalkschotter, alle übrigen Räume in EG und OG in Brettstapel oberseitig sichtbar

#### **4.7.2.2 Beschreibung „basysrelevanter“ Haustechnik**

Das Gebäude wird zu **100 % regenerativ** über eine Solaranlage und eine Holzpellet-Raumheizung mit Wärme versorgt.

Für die Stromversorgung ist ebenfalls eine 100 % regenerative Deckung zu erwarten (Messergebnisse der ersten Jahre müssen abgewartet werden).

Die Süddachfläche ist komplett mit aktiven Solarsystemen (Thermie und Photovoltaik) belegt.

Die sichtbaren Brettstapeldecken des Massivholz-Brettstapel-Gebäudes sowie die Beachtung der Punkte **Wartung / Nachrüstung / Umnutzung / Reverse Engineering** führen zu einer durchgängig angepassten Leitungsführung (siehe auch 4.2 Haustechnik-Verteilung – optimierte Lösungen):

In nicht zugänglichen Bereichen werden ausschließlich Endlosrohre/-Leitungen im Schutzrohr eingesetzt, die bei einem potentiellen Defekt oder bei Umnutzung ausgetauscht werden können.

Alle Kupplungsbereiche der Heizungsleitungen sind zugänglich entweder in Installationswand mit Revisionsöffnung oder im Sockelkanal verlegt.

Im Sockelkanal, der mit einer reversiblen Holzabdeckung versehen ist, verlaufen Elektro-, Kommunikations- und Heizungsleitungen.

Steckdosen sind im Sockelkanal integriert.

### **Solar-Synergie-Dach:**

Thermische Solar- und Photovoltaikkomponenten, Hersteller Fa. Schüco.

Thermie: 4 St. SchücoSol Alnatur (gesamt 10,7 m<sup>2</sup>) für Brauchwasser und Heizungsunterstützung,.

Photovoltaik: 12 St. Großmodul S 325 K Alnatur (gesamt 3,9 kW peak), Wechselrichter SMA Sunnyboy 2500.



Abbildung 4-42: Solar-Synergie-Dach, ohne Zwischenbleche und Randeinfassung

### **Heizwärmeerzeugung und -speicherung:**

Holzpellet-Kessel Smart Fa. Wodtke, Aufstellung im Wohnraum (2-10 kW davon 20 % luftseitige Abgabe an Aufstellraum und 80 % wasserseitige Übergabe an Pufferspeicher, Glattblech schwarz), Pelletzuführung über Schwerkraft ab Lager im OG, Pelletlager ca. 3,5 m<sup>3</sup> (berechneter Jahresbrennstoffbedarf ca. 5 m<sup>3</sup>).

Kombi-Pufferspeicher 800/200, 800 Liter Gesamtvolumen bei 200 Liter Brauchwasser, mit Fremdstromanode als wartungsfreier Korrosionsschutz des Speichers.



Abbildung 4-43: links: Raumpellet-Ofen EG, rechts: Zugang Pelletlager OG

#### **Pellet-Befüll-Leitungssystem:**

Von Außenwand bis Oberkante Pelletlager, Zuleitung u. Absaugung über flexible Schläuche in der Installationswand, zwei Flanschcupplungen an der Außenwand-Nord gewährleisten eine problemlose Befüllung über einen Silo-Tanklastzug.

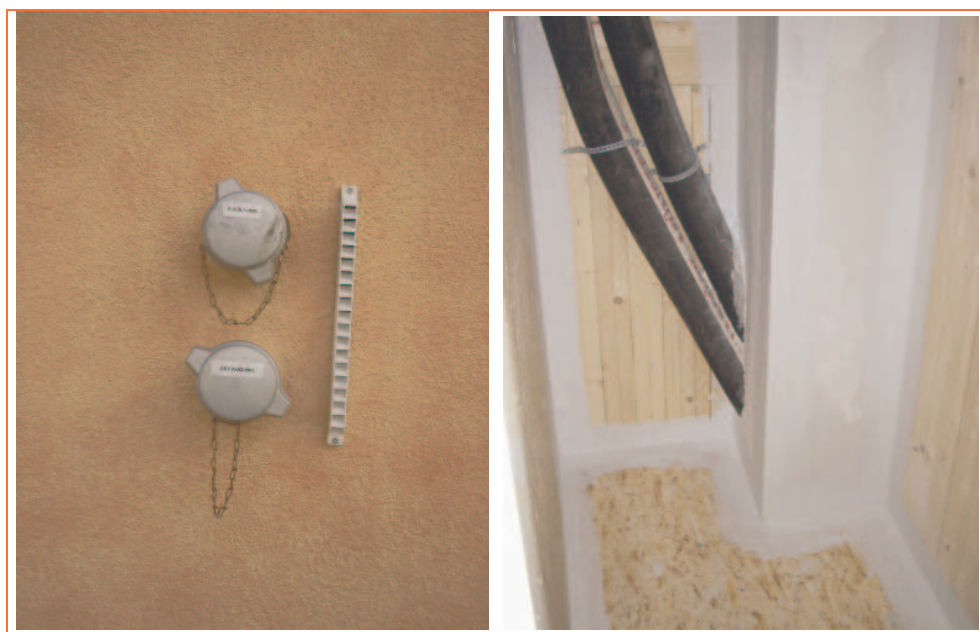


Abbildung 4-44: links: Pellet-Kupplungen Aussenwand, rechts: Pelletschläuche OG

### **Heizflächen:**

Lehm-Wandheizflächen: Kunststoff-Wandheizflächen-Heizregister System „Gabotherm“, Fa. Gabo Systemtechnik, ca. 75 m<sup>2</sup>, Raumthermostate zur Einzelraumregelung, außen-temperatur gesteuerter Heizkreismischer, maximale Heizmedium-Mitteltemperatur 40°C.  
Zusätzlich: Bäder mit Fußbodenheizung (gesamt ca. 7 m<sup>2</sup>) angeschlossen im Rücklauf der Wandheizflächen. 2 St. Stelrad-Novello+ Flach-Heizkörper in UG in Kleiderkammer/Technik und Flur mit identischer Heizmitteltemperatur wie Wandheizfläche.



Abbildung 4-45: Kunststoff-Wandheizflächen Register im Rohbau

### **Regenwasser :**

Stahlbeton-Regenspeicher 5000 Liter mit integriertem Rohrfilter, Fa. Mall, mit Regencenter „Monsun“, für Gartenbewässerung, Toilettenspülung und Reinigung.

### **Zentralstaubsauger:**

Modell 480, Fa. Cleanformat, True Cyclonic Filtersystem, 1620 Watt, Saugdruck 2921 mm/Ws, 3 Ventile, je Etage ein Stück, ausblasen der belasteten Saugluft nach außen.



### **Abluftanlage:**

Uni-Box R-270-01 inkl. Steuerung, Fa. Fresh, 2 Stück Telefonieschalldämpfer, Zuluftventile Fresh AI-DB 450-40 (mit Standardfilter, Dämmwert 40 dB, L: 450 mm), Abluftventile KSU D : 100 mm, Dachhaube MVD.

### **Elektro:**

Baubiologische Elektroinstallation mit Netzfreischalter und geschirmten, halogenfreien Biokabeln.

### **Sanitär:**

Vorwandinstallationen, Standardkomponenten, Regenwasser zur Toilettenspülung.

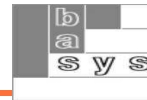
### **Leitungsführung:**

Die vertikale Hauptverteilung verläuft in der mit Revisionsöffnungen versehenen Installationswand (Zugang über Speisekammer) bzw. durch das zugängliche Pelletlager im OG. Die horizontale Verteilung erfolgt über abgehängte Decken (Leitungen ohne Kupplungen im Leerrohr somit ist eine Austauschbarkeit gewährleistet) bis in die Einzelräume.

In den Räumen werden die Leitungen hinter den reversiblen Sockelleisten mit integrierten Steckdosen installiert.



Abbildung 4-46: links: Installationswand, rechts Sockelkanal mit Elektrodose



## 4.8 Digitalisierte Nutzeranleitung

Die digitalisierte Nutzeranleitung und die damit zusammenhängenden Ausarbeitungen, wurden massgeblich von Herrn Peter Thomas, HATI GmbH, Berlin unter unserer Mitarbeit erstellt, sie befindet sich in vollem Umfang **auf beiliegender CD-ROM**.

Im Rahmen der Lebenszyklusoptimierung spielt die Nutzeranleitung für Häuser eine herausragende Bedeutung. Ihre primäre Aufgabe erfüllt sie als Bauprodukt-/Systembestandteil dadurch, dass sie den Kundennutzen erhöht und gleichzeitig Kundenzufriedenheit erzeugt. Durch diese Funktion ist sie wie kein anderes Kommunikationsmittel prädestiniert, den Kunden langfristig an das Bauunternehmen zu binden; vorausgesetzt, diese sind zufrieden mit der Leistung des Handwerkers.

Echte langfristige Kundenbindung kann nur während des Gebrauchs stattfinden. Die "Stunde der Wahrheit" kommt Tage, Wochen oder auch Monate nach der Abnahme der handwerklichen Leistung. Dann muss das Handwerksunternehmen Farbe bekennen. Die schönen Versprechungen, mit denen der Kunde zu den Auftragsentscheidungen gelockt wurde, müssen nun eingelöst werden. Die Zufriedenheit oder Enttäuschung des Anwenders zeigt sich in Situationen, wenn zum Beispiel die Heizung nicht mehr funktioniert.

Erschwerend kommt hinzu, dass sich der Besitzer/Eigentümer in einer kritischen Situation befindet. Er wird das erste Mal, dazu oft alleine, mit "seiner" bislang unbekanntem Technik konfrontiert. Gleichzeitig fragt er sich, ob seine Kaufentscheidung, angesichts der Vielzahl der angebotenen Funktionen grundsätzlich richtig war. Hätte er nicht doch den Handwerker, der ein Wettbewerbsprodukt angeboten hat, beauftragen sollen?

In solchen Situationen wird dem Kunden auch regelmäßig bewusst, dass nicht der Besitz bzw. das Eigentum an einem Heizkessel oder dem Kollektor eines Herstellers im Mittelpunkt der Entscheidung steht, sondern eine Problemlösung etwa in Form einer öko-effizienten Wärme- und Brauchwasserbereitung. Anders als im Kfz-Handwerk hat der Bauhandwerker die Freiheiten, aus einer Vielzahl von Systemkomponenten, abgestimmt auf die Bedürfnisse des Kunden die entsprechende Auswahl zu treffen. Letztlich erbringt er in Form seiner fachkompetenten Handarbeit eine Komplexleistung, die nicht nur darauf beschränkt ist, dass zum Beispiel die Solaranlage technisch funktioniert. Für den Endkunden sind die spezifischen Vorteile der installierten Systemkomponenten nicht unmittelbar feststellbar. Da

hilft es dem Kunden auch nicht, bestenfalls die Bedienungsanleitungen der Komponentenhersteller in einem Leitzordner abzuheften.

Das Gebot der Kundenorientierung legt nahe, dass die Nutzeranleitung auch auf diese Fragen überzeugend positive Antworten bieten muss. Sie ist zu diesem Zeitpunkt das einzig verbliebene Kommunikationsmittel des Handwerkers, das den Kunden noch erreicht. Und die Dokumentation bleibt es -abgesehen von Kundendienstbesuchen- für die ganze Lebensdauer des Gebäudes. Den Begriff Nutzeranleitung trägt die Dokumentation nur dann zu recht, wenn darin nachvollziehbare und vor allem kundenseitig nachprüfbare Informationen vermittelt werden.

Dabei muss die Nutzeranleitung als Problemlöser in der Lage sein, den Kunden bei dieser ersten und prägenden Konfrontation durch die Erzeugung von Kundennutzen zum Erfolgserlebnis zu führen, um seine früher getroffene Kauf- bzw. Auftragsentscheidung positiv zu bestätigen. Nur so wird er zu einem zufriedenen Kunden, und nur so wird er an das Handwerksunternehmen gebunden.

Wie bereits weiter oben dargestellt, besteht ein zentrales Anliegen in dem BASYS-Vorhaben darin, die Optimierung des Planungs- und Ausführungsprozesses in Hinblick auf die Nutzungsphase bzw. einen Beitrag zu leisten zur Verlängerung der Lebensdauer eines Gebäudes. Im Sinne der Erarbeitung dieser neuen kundenorientierten Dienstleistungsaufgabe geht es darum, dem späteren Nutzer/Betreiber individuelle Hilfestellungen zu bieten, wie bestimmte Bauteile inspiziert, gepflegt und gereinigt werden, damit Bauschäden infolge unterlassener Instandhaltung, unsachgemäßer Nutzung frühzeitig erkannt bzw. vermieden werden.

Die gleiche Sorgfalt, die bei der kundenindividuellen Planung und Ausführung in Bezug auf die Auswahl der unterschiedlichen Materialien, der Einbauteile und Ausstattungsgegenstände aufgewendet wurde, gilt es bauteilbezogen in einem zweiten Arbeitsschritt bezüglich der Beanspruchungssituationen, etwa in Form von Nutzer- und Pflegehinweise, Inspektionsregeln zur Früherkennung von Schäden, Verhalten beim Auftreten von Störungen, Wartungsarbeiten, die beauftragt werden sollen bis hin zu Demontageanleitungen auf die jeweiligen Nutzerwünsche individuell zugeschnitten aufzubereiten.

Derartige vom Hersteller über den Handwerker an den Nutzer/Kunden zum Produkt/Bauteil und dessen Nutzung weitergebenen Informationen müssen primär die beiden

Hauptfunktionen: Nutzenfunktion und die Sicherheitsfunktion erfüllen. Allgemein kann die Nutzenfunktion als Unterstützung des Nutzers beim bestimmungsgemäßen Einsatz zur Erzielung des vollen Funktionsnutzens angesehen werden. Dem Aspekt der Sicherheit, d. h. den Benutzer zu befähigen, sich und seine Umwelt durch die vom Handwerker eingebauten Produkte und Komponenten ausgehenden Gefahren zu schützen, kommt in der heutigen Zeit eine steigende Bedeutung zu, denn insbesondere die Kombination zu komplexeren und intelligenteren Systemlösungen geht schneller voran, als das Know-how der potenziellen Nutzer. Selbst Hersteller können teilweise keine umfassenden Angaben bezüglich der Sicherheit ihrer Produkte, zum Beispiel für den Brandfall, machen, weil sie, anders als der ausführende Handwerker, regelmässig die Vernetzung (das Zusammenwirken) mit anderen Erzeugnissen nicht kennen. In der Gesetzgebung und Rechtssprechung gilt jedoch meist das Null-Fehler-Prinzip. Eine mangelnde Sicherheit stellt somit einen Fehler im Sinne der Produkthaftung dar. Der erforderlichen Sicherheitsfunktion kann daher nur dadurch Rechnung getragen werden, in einer individuell aufbereiteten Nutzerinstruktion und -information, Gebrauchs- oder Bedienungsanleitung das Restrisiko des Komplexproduktes "Gebäude" aufzufangen und beherrschbar zu machen. Die Instruktionspflicht verlangt vom Ersteller a) Hinweise auf die sachgerechte Nutzung sowie b) Warnungen vor bestimmten Eigenschaften und c) Angaben über die bei dem möglichen Gebrauchs- und Verwendungsarten vorhersehbaren entstehenden Schäden und Gefahren.

Für die Instruktion bestehen in der Regel keine besonderen Formvorschriften, wichtig ist einzig, dass die Information den Nutzer erreicht. Aus praktischen und beweisrechtlichen Überlegungen scheint es jedoch angebracht, alle Informationen schriftlich an den Nutzer weiterzugeben.

Ein Beispiel dazu finden Sie auf der folgenden Seite. Die "Checkliste zur Einweisung des Betreibers einer thermischen Solaranlage" wurde im Rahmen des BASYS-Vorhabens entwickelt, um den Monteuren eine praktikable Handreichung zur Verfügung zu stellen, mit deren Hilfe sie den Kunden mit der Anlage vertraut machen. Dies auch deshalb, um dem Kunden wie auch dem Betrieb unnötige Kundendienstesätze zu ersparen.



## Checkliste zur Einweisung des Betreibers einer thermischen Solaranlage

Für die Solaranlage von: \_\_\_\_\_

wurde in Anwesenheit der unten erwähnten Personen die Einweisung in die solarthermische Anlage vorgenommen.

| <b>1. GESAMTSYSTEM Solarthermische Anlage</b>   | <b>o.k.</b> | <b>Bemerkungen:</b> |
|---|-------------|---------------------|
| Liegt die anlagenspezifische Grafik vor, an Hand der die Einweisung erfolgt?  |             |                     |
| Liegt die Erläuterung/Beschreibung als Text-Dokument zum Nachlesen vor?   |             |                     |
| Wurden dem Betreiber die Grundfunktionen des Systems erläutert?   |             |                     |
| - Kollektoren   |             |                     |
| - Solarstation  |             |                     |
| - Speicher  |             |                     |
| - Nachheizung   |             |                     |
| - Regelung  |             |                     |
| <b>2. SYSTEMKOMPONENTEN</b>   |             |                     |
| Ist der Betreiber ...   |             |                     |
| mit der Funktion und Bedienung der Entlüfter vertraut?  |             |                     |
| mit der Bedienung der Regelung vertraut?  |             |                     |
| mit der Funktion der Speicher-Schutzanode vertraut?   |             |                     |
| mit der Funktion und Bedienung der Nachheizung vertraut?  |             |                     |
| <b>3. INSPEKTION</b>  |             |                     |
| Wurde der Betreiber anhand eines anlagenspezifischen Manuals in die Inspektionsaufgaben eingewiesen?                                    |             |                     |
| Wurden die spezifischen angezeigten Werte der Systemkomponenten in einem separaten Datenblatt dokumentiert und dem Betreiber erläutert? |             |                     |
| Ist der Betreiber bereit bzw. in der Lage die Inspektionsaufgaben in den erforderlichen Intervallen kompetent auszuführen?              |             |                     |
| Wurde der Betreiber auf das richtige Verhalten in Notfällen und bei Störungen hingewiesen?  |             |                     |
| <b>4. WARTUNG</b>   |             |                     |
| Wurden dem Betreiber die fachbetriebsspezifischen Aufgaben, die im Rahmen der Wartung anfallen, erläutert?                              |             |                     |
| Ist der Betreiber bereit mit der Wartung einen Fachbetrieb zu beauftragen?  |             |                     |
| <b>5. Der Betreiber hat folgende Dokumente erhalten:</b>  |             |                     |
| - Dokumente, die das Gesamtsystem "solarthermische Anlage" betreffen.   |             |                     |
| - Dokumente, die die installierten Systemkomponenten betreffen.   |             |                     |
| - anlagenspezifische Bedienungs- und Inspektionsanleitung.  |             |                     |
| - anlagenspezifische Wartungsanleitung.   |             |                     |
| - Dokumente aus der Bauphase (z. B. Checklisten, Protokolle, Dokumente aus der administrativen Auftragsabwicklung).                     |             |                     |

Durch die Unterschrift wird bestätigt, dass die eingewiesene Person über alle Fach- und Sicherheitskenntnisse, die zum Betrieb, zur Bedienung und Inspektion der Solaranlage erforderlich sind, verfügt.

Datum      Unterschrift des Betreibers / des Beauftragten

Datum      Unterschrift des Erstellers / Firmenstempel

Die inhaltliche Gestaltung einer Gebrauchsanleitung für Häuser muss u. a. folgenden Anforderungen genügen: einerseits müssen für eine relativ heterogene Zielgruppe unterschiedliche Zugangswege zur gesuchten Information bereitgestellt werden und andererseits muss der Inhalt so strukturiert sein, dass unter- und übergeordnete Informationseinheiten angeboten werden.

Der erste Aspekt zielt darauf ab, dass es sich etwa bei einem Eigentümer eines Einfamilienhauses regelmässig um einen (bau- und haustechnischen) Laien handelt, die Nutzeranleitung ist eine eher selten benötigte Gebrauchsanleitung, die dennoch gelesen und die gegebenen Hinweise beachtet werden müssen, wenn auch ein "Erlernen" aller Informationen nicht sinnvoll ist. Der zweite Aspekt zielt darauf, mit einer hierarchischen Gliederung bzw. Struktur das Behalten von Bedienungs- und Handlungsschritten für Routineaufgaben zu erleichtern, etwa bei Inspektionsregeln, um Schäden frühzeitig zu erkennen bzw. zu vermeiden oder durch Verhaltensregeln, Energieaufwendungen zu senken.

Im Zusammenhang mit der weiter oben dargelegten Instruktionspflicht des ausführenden Handwerksbetriebes sei an dieser Stelle daran erinnert, dass der Gesetzgeber das seit mehr als 100 Jahren gültige Bürgerliche Gesetzbuch grundlegend reformiert hat. Damit gelten seit dem 01. 01. 2002 auch neue "Spielregeln" zwischen den Handwerksbetrieben und insbesondere privaten Kunden. Ohne an dieser Stelle auf die juristischen Details eingehen zu wollen, der rote Faden in der Gesetzesänderung besteht vor allem darin, den Verbraucher besser zu schützen. Nach dem neuen Gesetz sind die Aufklärungs- und Sorgfaltspflichten erheblich ausgeweitet worden. Neu ist auch, dass das Verschulden generell beim Schuldner vermutet wird: die Beweislast liegt jetzt bei demjenigen, der die Leistung geschuldet hat. Er hat darzulegen und zu beweisen, dass die Pflichtverletzung nicht Folge eines von ihm zu vertretenden Umstandes ist. Auch die Montage fällt in Zukunft in die Mängelhaftung, das heißt, bei einer falschen Montage ist die Kaufsache mangelhaft.

Wie bisher muss der Handwerker dem Kunden das Werk frei von Sach- und Rechtsmängeln verschaffen. Eine Sache ist frei von Mängeln, wenn sie bei der Abnahme so beschaffen ist, wie vereinbart. Nach der Abnahme hat der Eigentümer/Betreiber gemäß § 9 Heizanlagenverordnung sowie BGB § 276 "Haftung für eigenes Verschulden" und StGB § 330 "Schwere Umweltgefährdungen" für einen sicheren Betrieb der haustechnischen Anlage und die Vermeidung von Umweltgefährdungen zu sorgen.

Für den Handwerksbetrieb ist daher eine individuell erstellte Nutzeranleitung auch ein wichtiges Rechtsinstrument, mit dem er schwarz auf weiss oder auch multimedial nachweisen kann, dass er alles getan hat, um einen sicheren, zuverlässigen und wirtschaftlichen Betrieb durch den Eigentümer/Betreiber langfristig zu ermöglichen.



Abbildung 4-47: *Inspektionsanleitung: Start-Seite*

Dies ist die Start-Bildschirmseite des individuell für den Eigentümer/Betreiber "Familie Mustermann" zusammengestellten elektronischen Buches "Nutzeranleitung für die haustechnische Anlage". Die gesamte Dokumentation besteht aus mehreren voneinander unabhängigen elektronischen Kapiteln, deren einzelne Seiten durch Hyperlinks verbunden sind. Die Nutzeranleitung besteht aus 83 Kapiteln mit 537 Seiten. Kurzinformationen zu den einzelnen Inhalte der Unterkapitel erhalten Sie auf der folgenden Seite.

Der Aufbau und die Struktur der arbeitsunterstützenden Dokumente, muss sich an der Vorgehensweise der Nutzer orientieren. Anders als bei Printmedien ermöglicht das elektronische Buch eine schnelle Selektion, um rasch auf die für die jeweilige Tätigkeit erforderlichen Sachinformation zugreifen zu können. Mit wenigen Schritten müssen dem Nutzer alle für die jeweilige Tätigkeit relevanten technischen Inspektions- bzw. Pflegeinformationen angeboten werden. Neben dem Inhaltsverzeichnis ist ein anderer Zugangsweg der sog. Index. Hierbei werden alle Seitentitel (auch die Seiten der verdeckt angelegten Kapitel) angezeigt. Daneben bietet die Volltextsuche die Möglichkeit, auf alle Worte der Nutzeranleitung direkt zuzugreifen.

Auf den sog. Basisseiten befinden sich Hyperlinks. Wegen der bidirektionalen Natur der Hyperlinks kann auch deren Struktur genutzt werden, um sich den jeweiligen Inhalt zu erschließen: Von welchen Seiten wird ebenfalls auf die aktuell angezeigte Information zugegriffen?



Abbildung 4-48: *Inspektionsanleitung: Struktur*

Hier wird der Inhalt und die Struktur der objektbezogenen Nutzerhinweise dargestellt. Auf der obersten Ebene besteht das Buch "Nutzeranleitung" aus 8 Kapiteln, die ihrerseits in weitere Unterkapitel aufgegliedert sind. Zu diesen Basisinformationen zählen zum Beispiel "Grundlagen der Wohnfeuchtigkeit". Auf diese physikalischen Zusammenhänge wird im Kapitel "Heizen und Lüften" zurückgegriffen, aber auch bei der Beschreibung der Lehmputz-Heizflächen.

In dem Kapitel "Wo finde ich was? - Wie funktioniert was?" werden die technischen Einrichtungen des Hauses genau erklärt. Hier erhält der Nutzer wichtige Informationen beispielsweise aus dem Bereich der Elektroinstallation: Wo ist der Sicherungskasten? Welche Stromkreise sind über den FI-Schalter abgesichert? Was ist zu tun, wenn die Sicherung herausspringt?

Das Kapitel "Bedienung und Inspektion" erläutert dem Nutzer wichtige Gebrauchshinweise auf die installierten haustechnischen Systemkomponenten wie zum Beispiel die



solarthermische Anlage, die Pelletheizung, die Abluftanlage, das zentrale Staubsaugersystem, die Regenwasser-Nutzungsanlage und letztlich das Photovoltaiksystem.

Für alle Installationen, wie Heizung, Wasser und Stromversorgung, die ggf. eine Notabschaltung erfordern, werden Verhaltensregeln für den Störfall gegeben. Da unter Umständen in solchen Extremsituationen rasch und richtig (!) gehandelt werden muss, sind in dem Dokument auch direkte Hinweise auf den Fachbetrieb und die Notfall-Telefonnummer der Versorgungsunternehmen enthalten.



Abbildung 4-49: Inspektionsanleitung als Argumentationshilfe


Die Nutzeranleitung hat auch die Aufgabe, dem Bauherrn Argumente zu liefern, warum bestimmte Baustoffe verwendet, Systeme installiert wurden oder durch eine intelligente Kombination der Komponenten etwa bei der Wohngesundheit Synergieeffekte auftreten. Vom realisierten Gesamtergebnis her gilt es auch, die während der Planungsphase wichtigen Einzelentscheidungen noch einmal argumentativ zusammenzufassen. Schließlich muss der Auftraggeber/Nutzer - meist ein bautechnischer Laie - seinen Nachbarn, Freunden und Bekannten auch Jahre später "fachkompetent" Auskunft geben können.

Die Abbildung oben zeigt eine Beispielseite aus dem Kapitel "Argumente für Ihr wohn-gesundes Haus". Hier hat sich der Autor von dem Gedanken leiten lassen, dem Nutzer

nachträglich eine Begründung zu liefern, dass das realisierte Synergiedach in eine Vielzahl von Einzelentscheidungen und installierten Systemkomponenten eingebettet ist. Ein externer Besucher nimmt von außen nur die gerasterte Dachfläche wahr und erkennt nicht den systemischen Zusammenhang etwa mit den installierten stromsparenden Haushaltsgeräten.

**Wo finde ich was? Wie funktioniert was?**

### Netzgekoppelte Photovoltaik-Anlage



Kernstück der Photovoltaik-Anlage sind die Solarstrom-Module, in denen auftretendes Sonnenlicht in elektrische Energie umgewandelt wird. Der vom Solargenerator erzeugte Gleichstrom wird von einem Wechselrichter in einen netzkonformen Wechselstrom umgewandelt, d. h. in Frequenz und Höhe der Spannung des Hausnetzes angepasst.

Zur geringeren Magnetfeldbelastung der Wohnräume wurde der Wechselrichter nicht im Haus, sondern im Bereich des Carports eingebaut.

Der gesamte erzeugte Solarstrom wird in das Netz des Energieversorgers eingespeist und vergütet.

Zur Erfassung der Einspeisung in das EVU-Netz wurde ein sog. Einspeisezähler im Zählerkasten (im Technikraum) installiert.

Abbildung 4-50: Kapitel: „Wo finde ich was“

In dem Kapitel "Wo finde ich was? - Wie funktioniert was?" werden dem Nutzer auf dieser Bildschirmseite die wichtigsten technischen Fachinformationen geliefert, die ein "Laie" benötigt, um die installierten Systemkomponenten (hier der Photovoltaik-Anlage) lokalisieren zu können und deren Funktion erläutern.

Unter dem Gesichtspunkt der "Erwartungskonformität" darf dieses Kapitel nicht den Charakter eines Lehrbuches annehmen.

## Reinigung und Pflege Übersicht



Sie haben sich bei den Gegenständen der Einrichtung und dem Zubehör für Produkte mit einer besonderen Qualität entschieden. Damit der Wert und die Schönheit der Produkte Sie lange erfreut, sollten Sie bei der regelmäßigen Säuberung und Pflege Ihres Haushaltes die Pflegehinweise der Produkthersteller beachten.

In diesem Buch finden Sie Anregungen und Tipps zur Reinigung und Pflege

- der Holzfußböden;
- der Lehmputzflächen;
- der Fenster und
- der Sanitärobjekte.

Vertrauen Sie im Zweifelsfall den Angaben des Produktherstellers und nicht den Angaben des Reinigungsmittelherstellers.

Navigieren Sie zu den Reinigungs- und Pflegehinweise der einzelnen Objekte über das [Inhaltsverzeichnis](#).

Abbildung 4-51: Pflegeanleitungen (1)

Dies ist die Übersichtsseite des Kapitels "Reinigung und Pflege". Der Kunde erwartet in diesem Kontext Informationen, wie er die hohe Qualität der installierten Produkte dauerhaft erhalten kann und dadurch auch die Lebensdauer erhöht wird.

## Bade- und Duschwannen aus Kunststoff

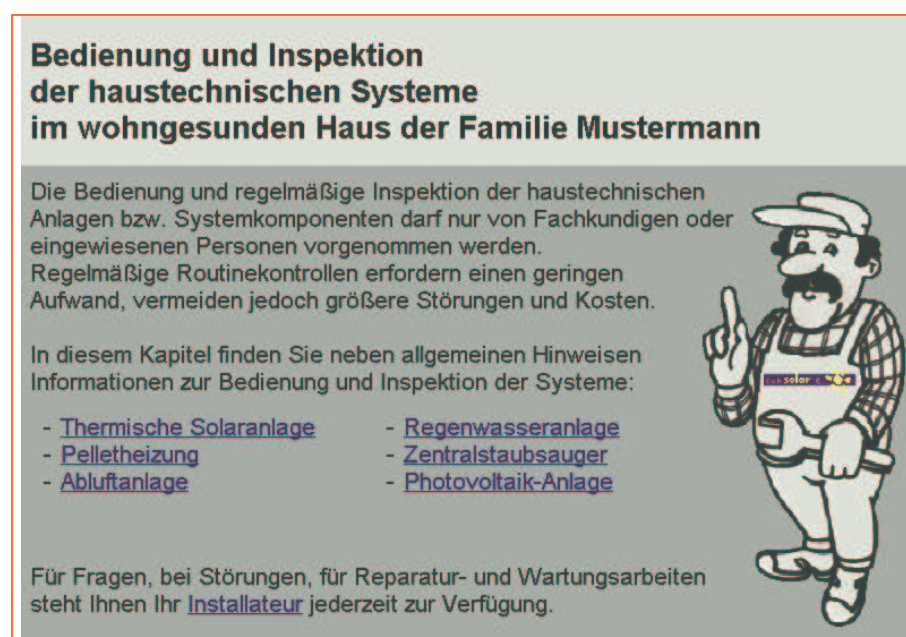
Zur normalen täglichen Pflege von Acryl -  
Wannen nehmen Sie einen Schwamm oder ein  
weiches Tuch mit Flüssigreiner und wischen  
die Wanne nach dem Bad aus.  
Achten Sie bei der Verwendung von  
Badreinigern darauf, dass sie für Kunststoffe  
wie Acryl geeignet sind (Herstellerangaben  
beachten).  
Badewannen mit matter Oberfläche lassen sich  
einfach mit Seife und viel Wasser reinigen.

Hartnäckige Verschmutzungen können schon  
mit Schwamm und einen verdünnt  
aufgetragenen flüssigen Badreiniger entfernt  
werden. Gegen Kalkablagerungen hilft  
Essiglösung.  
Sandhaltige Scheuermittel sollten auf keinen  
Fall verwendet werden. Die Acryl - Oberfläche  
wird davon matt und zerkratzt.  
Wie sich kleine Kratzer oder Brandstellen  
[beseitigen lassen](#), erfahren Sie durch anklicken.



Abbildung 4-52: Pflegeanleitungen (2)

Auch wenn weiter oben von einer kundenindividuell zusammengestellten Nutzeranleitung geschrieben wurde, so heißt dies nicht, dass jede einzelne Bildschirmseite ständig neu gestaltet werden muß. Der Text dieser Pflegeanleitung für Bade- und Duschwannen aus Kunststoff ist so abgefasst, dass er für (fast) alle Acryl - Wannen verwendet werden kann. Lediglich das Foto von dem Kundenbad gilt es auszutauschen. Die Struktur der Informationen und auch die Links zu vertiefenden Informationen bleiben trotz Anpassung an andere Kundenanlagen erhalten.



**Bedienung und Inspektion  
der haustechnischen Systeme  
im wohngesunden Haus der Familie Mustermann**

Die Bedienung und regelmäßige Inspektion der haustechnischen Anlagen bzw. Systemkomponenten darf nur von Fachkundigen oder eingewiesenen Personen vorgenommen werden.  
Regelmäßige Routinekontrollen erfordern einen geringen Aufwand, vermeiden jedoch größere Störungen und Kosten.

In diesem Kapitel finden Sie neben allgemeinen Hinweisen Informationen zur Bedienung und Inspektion der Systeme:

- [Thermische Solaranlage](#)
- [Pelletheizung](#)
- [Abluftanlage](#)
- [Regenwasseranlage](#)
- [Zentralstaubsauger](#)
- [Photovoltaik-Anlage](#)

Für Fragen, bei Störungen, für Reparatur- und Wartungsarbeiten steht Ihnen Ihr [Installateur](#) jederzeit zur Verfügung.




Abbildung 4-53: Kapitel Bedienung und Inspektion (1)

Dies ist die Verteilerseite auf der obersten Ebene, über die der Nutzer zu den handlungsorientierten Hinweisen im Zusammenhang mit der Bedienung und Inspektion der haustechnischen Anlage geführt wird. Für solche Tätigkeiten, die vielleicht alle 14 Tage, einmal im Monat oder jedes halbe Jahr erforderlich werden, muss der Zugriff auf die Informationen der Nutzeranleitung optimal gestaltet sein, wenn er schnell und sicher ablaufen soll.

Ein Hauseigentümer / Betreiber könnte versucht sein, selten anfallende Arbeiten, wie zum Beispiel die Inspektion, aus dem Gedächtnis zu rekonstruieren. Damit wird er keinen Erfolg haben, denn bei nicht geübten Tätigkeiten lässt das Langzeitgedächtnis die Nutzer völlig im Stich.

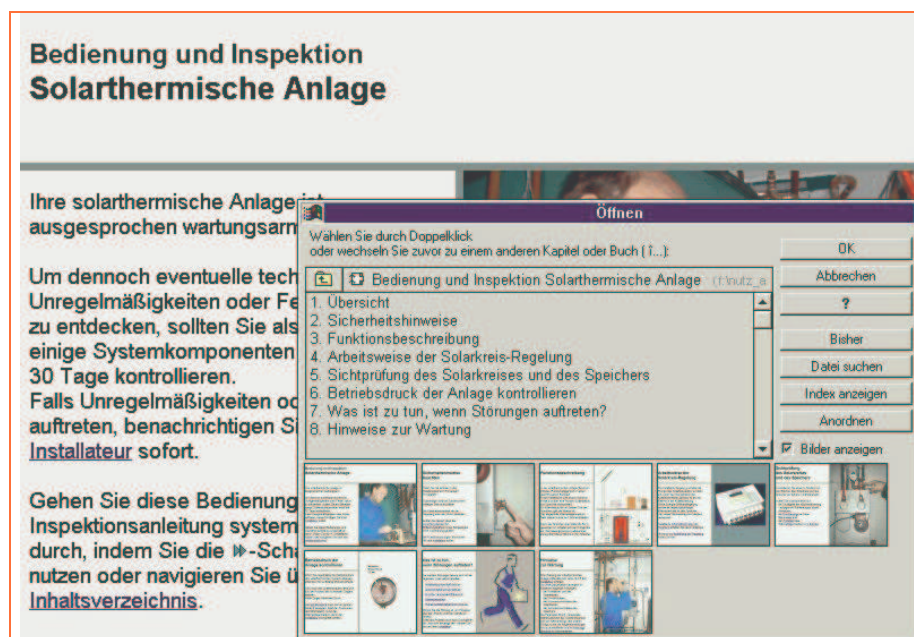


Abbildung 4-54: Kapitel Bedienung und Inspektion (2)

Eine bebilderte hierarchische Strukturierung erleichtert den Informationsfluss, weil sie sich besser ins Gedächtnis einprägt; sie muss nicht gelernt werden.

Informationen müssen zu einem Paket gebündelt werden, dessen Umfang auf ca. 6 bis 8 Informationseinheiten begrenzt werden sollten. Mehr Informationen lassen sich nicht mehr einfach nachvollziehen.

Wenn die Gliederung über- und untergeordnete Informationseinheiten bietet, erleichtert diese Struktur das Behalten von Handlungsschritten für Routineaufgaben erheblich. Nicht nur dass diese Struktur einen einprägsamen Weg zu einer gewünschten Information bietet, die einzelne Tätigkeit bekommt auch einen Bezug zur übergeordneten Struktur. Ohne bewusst im Sinne von willentlich lernen, speichern sich die verschiedenen Tätigkeiten mit der jeweiligen Struktur ab.

Unbewusst bekommt der Nutzer auf diese Weise ständig darüber ein Feedback, inwieweit seine Erwartungen für jeden Bediensschritt mit den Ergebnissen seines Handelns übereinstimmen. Jedes positive Feedback motiviert zum Weitermachen.

In **Anlage 2** zu diesem Bericht befinden sich Beispielseiten zur Verdeutlichung der Struktur der Nutzeranleitung über **Bedienung und Inspektion eines Raum-Pelletofens**.

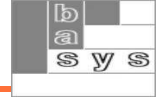


Abbildung 4-55: Beispielseite Solarkreis

Bei Bedarf besteht zusätzlich die Möglichkeit, einzelne Seiten der Nutzeranleitung auszudrucken. Aus Gründen der Konsistenz der Gebrauchstauglichkeit müssen die Inhalte der Bildschirmseiten wie auch die Ausdrücke übereinstimmen. Der einzige Unterschied zur Bildschirmdarstellung ist der Rahmen und das Firmenlogo auf dem Ausdruck.

Die Dokumentation von handwerklichem Erfahrungswissen und kundengerechte Informationsaufbereitung von komplexen Systemen befriedigen einerseits das steigende Informationsbedürfnis der Kunden und verschaffen gleichzeitig entscheidende Marktvorteile. Andererseits ist die projektbegleitende Dokumentation auch für die ausführende Firma in Hinblick auf das eigene Wissens- und Qualitätsmanagement von erheblichem Vorteil.

Wir denken, wir konnten durch die exemplarisch dargestellten Beispiele aus dem BASYS-Verbundvorhaben deutlich machen, dass ein nachhaltig öko-intelligentes Wirtschaften gleichzeitig große Chancen für ein ganzheitlich-qualifiziertes Bauhandwerk bietet. Wichtig ist aber auch zu erkennen, dass der Umbau der Wirtschafts- und Arbeitswelt einander bedingen.



Wenn das Handwerk seine alten Tugenden aufrichtig lebt, dazu zählen u. a. Zuverlässigkeit, Pünktlichkeit, Fleiß, Qualität der Arbeit, Freude am Wachstum, Verantwortlichkeit gegenüber dem Nächsten und der Umwelt, wird es auch weiterhin für junge Menschen attraktiv sein.

Die handwerklichen Akteure nur als Humankapital zu betrachten, greift zu kurz. Wer handwerklich arbeitet, geht mit dem verwendeten Material, den Arbeitsweisen und Arbeitsgesten und letztlich dem Werk der Hände eine innige Verbindung ein, deren Wert und Bedeutung, weder gesellschaftlich, noch für den einzelnen Handwerker nicht allein am Tauschwert des materiellen Arbeitsergebnisses gemessen werden kann. Die hohe Motivation, ausgeprägte Arbeitsfreude in einer sinn- und nutzenstiftenden Arbeit, die Erhöhung der Attraktivität von Handarbeit insgesamt bleiben bei der Humankapital-Perspektive unberücksichtigt. Mehr als die Industrie ist das Handwerk daher gezwungen, die ganzheitlichen Wirkungen der Handarbeit, das schliesst den Einsatz von handwerksadäquaten arbeitsunterstützenden Maschinen und Werkzeugen ein, in Hinblick auf die individuellen und gesellschaftlichen Verwirklichungschancen selbst aktiv zu gestalten.

Die gesamte **Nutzeranleitung** befindet sich zur weitergehenden Information auf der **beigelegten CD-ROM**.

## 4.9 Internet Plattform „basysnetz“

Das Projektziel des „virtuellen Büro´s“ bzw. der „**virtuellen Firma**“ mit einer einfach zu handhabenden Internetplattform wurde bereits in einer sehr frühen Projektphase zumindest teilweise umgesetzt bzw. eingeführt.

Im Jahr 2000 wurde als Probelauf für die Projektpartner eine bestehende und kostenlose Internetplattform (e-project) herangezogen. Hiermit wurden erste Erfahrungen der Partner im Umgang mit dieser Art des arbeitens gesammelt.

Parallel hierzu wurde am Ifib (Institut für industrielle Bauproduktion, Uni Karlsruhe), maßgeblich von Herrn Claus Schink, eine eigene, verbesserte Version designed und entwickelt, die die tägliche Arbeit innerhalb einer virtuellen Firma mit einem **interdisziplinären Team** unterstützt und **Integrale Planungsaufgaben** erst ermöglicht.

Rückkopplungen der Projektpartner führten zu einer stetigen Optimierung und Weiterentwicklung der Internetplattform.

Weitere Informationen siehe auch im Bericht des Instituts für industrielle Bauproduktion, Uni Karlsruhe.

Ausgehend von der Homepage [www.basysnetz.de](http://www.basysnetz.de) erhält man über die Eingabe des persönlichen Passwortes im Login-Bereich Zugang zur Plattform. Projektpartnern steht es auch frei Gäste einzuladen und sich an der Arbeit auf der Plattform zu beteiligen.

Jeder zugangsberechtigte Projektteilnehmer kann sich auf der Plattform eigene Projekte anlegen und die Teamzusammensetzung für dieses Projekt selbst definieren.

Vom „Arbeitsplatz“ besteht Zugang zu den verschiedenen Projekten mit Zugangsberechtigung. Eine umfangreiche Zeiterfassung ermöglicht es direkt Kosten und Zeiten innerhalb der Projekte zuzuweisen. Des weiteren steht ein Terminkalender und eine Email-Funktion zur Verfügung.

Im jeweiligen Projekt hat der Nutzer Zugang zu sämtlichen Dokumenten aller Projektpartner. Weitere Funktionen der Plattform innerhalb des Projektes:

- Informationen zur Zusammensetzung des Projektteams (Name, Kommunikation, etc.)
- der Software-Stand der Projektpartner ist hinsichtlich Ausstattung und Kenntnisstand erfasst (im Sinne der digitalen Kommunikation äußerst wichtig)
- die Dokumentation jedes einzelnen Logins eines Projektpartners, erlaubt die Überprüfung der Informationspflicht der Nutzer



- eine Kosten- und Stundenkalkulation erlaubt die fortlaufende Kontrolle des Projektes
- ein internetbasiertes QM-Handbuch für Festlegungen der Projektarbeit (siehe auch 4.10.1)
- die Kennzeichnungsfunktion des Dateistatus (Konzept, in Arbeit, z.Zt. nicht in Bearbeitung jedoch noch nicht abgeschlossen, abgeschlossen/Archiv)

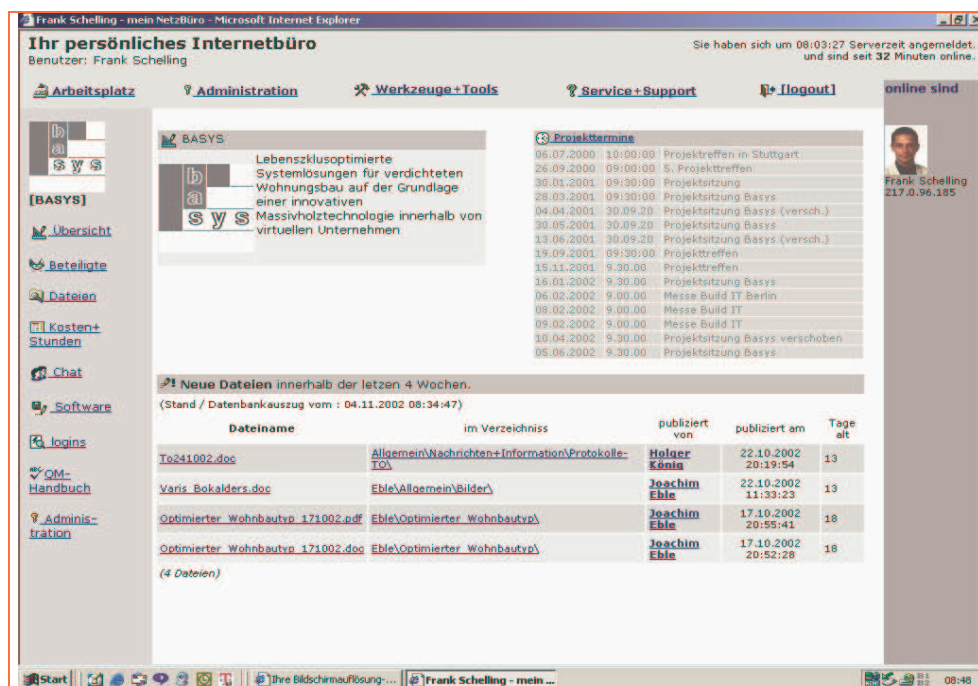
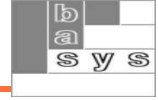


Abbildung 4-56: Übersichtsseite des S&H-Bereiches auf der Plattform

Jeder Projektpartner ist selbst dafür verantwortlich, dass er für seinen Bereich auf dem jeweils aktuellsten Stand ist. Dies wird erleichtert, da bei aufrufen der ersten Projektseite die neuesten Dateien der letzten vier Wochen chronologisch erscheinen.

Der **Nutzen für unsere tägliche Arbeit** liegt v.a. in folgenden Punkten **des virtuellen Büro's**, d.h. ohne tatsächliche Meetings der Projektpartner:

- rascher und gesicherter Austausch von Plänen und Dokumenten mit einheitlicher Software
- Integration der Haustechnik in AutoCAD-basierte Zeichnungen mit unserer Haustechnik-Software
- Gesamt-Datei-Verwaltung über die Projektlaufzeit, jederzeit von jedem Ort mit Internet-Zugang oder via Mobiltelefon besteht Zugriff auf alle Dokumente der Partner
- Produktvorstellungen können per Text und Bild / Video erbracht werden



Einem interdisziplinären Team wird durch die Internet-Plattform erstmals ortsunabhängiges Arbeiten wirklich ermöglicht. Dies unterstützt die Realisierung einer echten integralen Planung und Bauausführung.

Nachhaltigkeits-orientierte und –optimierte und ressourcenschonende Gebäudekonzepte mit Einsatz regenerativer Energien und umweltentlastender Baustoffe sind nicht nur eine Frage der Technik sondern erfordert eine ganzheitliche Planungsoptimierung. Fachliche, interdisziplinäre Qualifikationen müssen mit einer Vielzahl organisatorischer, kommunikativer und managementtechnischer Anforderungen in Einklang gebracht werden. Nicht nur inhaltliche Ziele sind zu definieren und festzulegen, sondern es muss auch ein Konsens über die verwendete Arbeitsmethode, d.h. eine **gemeinsame Planungsphilosophie und Umsetzungsstrategien**, getroffen werden.

Neben nachhaltigkeitsorientierten, inhaltlichen Koordinierungsaufgaben muss die bewußte Erfassung, Lenkung und Steuerung des häufig sehr umfangreichen Informationsstromes durch den Einsatz geeigneter Kommunikationstechnologien ermöglicht und unterstützt werden. [11], [12]

Die entwickelte **Internet-Plattform mit virtuellem Büro ermöglicht erst die orts- und zeitunabhängige Zusammenarbeit verschiedener Projektpartner über weite Entfernungen und in wechselnden Zusammensetzungen und stellt somit die Grundlage für nachhaltigkeits-optimierte Planung und Bauausführung zur Verfügung.**

## 4.10 Qualitätssicherung

### 4.10.1 Qualitätssicherung im Verbundvorhaben BASYS

Das Verbundvorhaben BASYS stellt eine „virtuelle Firma“ dar, deren 5 gleichberechtigte Projektpartner über das Internet und einer elektronischen Plattform miteinander kommunizieren.

Für die **einzelnen Unternehmen müssen eigene Qualitätsmanagement-Systeme existieren**. Dies stellt eine **Voraussetzung** dar, um sicherzustellen, daß die Vernetzung der verschiedenen Planungs- und Bauphasen überhaupt funktionieren kann. Anhand erstellter Projektflussdiagramme ist klar nachvollziehbar wer für welche Leistung die Qualitätssicherung zu erfüllen hat.

Da keine Firmenleitung im eigentlichen Sinn existiert, müssen **alle Partner zur Qualitätssicherung** (sofern das ganze Projekt betroffen ist) **herangezogen werden** (Beschlüsse des Gremiums).

Weitere detaillierte Angaben zur Qualitätssicherung siehe auch Bericht Fa. Ascona, Holger König (Projektkoordination).

#### Vorgegebene Parameter

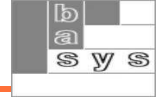
Das gesamte Projekt bezieht sich auf die Einsetzbarkeit von Brettstapel-Elementen (BST). Diese geben also den Rahmen für z.B. den Entwurf des Gebäudes und die Integration der Haustechnik vor.

Wichtige Parameter in diesem Zusammenhang sind:

- min/max. Größe (Breite/Höhe/Länge) der BST
- erzeugbare Formen und Fertigungsspezifikationen
- Statik, Lärmschutz, Brandschutz, Wärmeschutz, Luftdichtigkeit (jeweils nach Integration der Haustechnik)

Die Projektpartner sollen nun anhand dieser Gegebenheiten mittels einer gemeinsamen Internet-Plattform (siehe auch 4.9) und Software ein Gebäude schrittweise planen.

**Die Konstruktionszeichnung ist die gemeinsame Verknüpfung aller Partner.** Deshalb sollte eine Veränderung bestimmter Größen in der Zeichnung (z.B. eine Wand wird vom Architekten verkürzt) automatisch zur Information beteiligter Partner führen (z.B. der Haustechniker muß seine Planungen anpassen), bzw. eine Planänderung hat zur Folge, dass der Ändernde die Information auf der Internet-Plattform veröffentlicht und die Betroffenen informiert.



Der Grund der Veränderung sollte zum Verständnis für die Partner mitangeführt werden. Eine Rückverfolgbarkeit der vorgenommenen Änderungen bis hin zum „Ur-Dokument“ sollte möglich sein.

#### 4.10.1.1 Projektbezogene Arbeiten

Die Internet-Plattform bietet die ideale Möglichkeit Berichte, Ergebnisse etc. den Partnern zur Verfügung zu stellen und in einem Archiv für alle Partner zugänglich abzulegen.

Hierzu ist es erforderlich, dass Dokumente, Zeichnungen usw. von allen Projektpartnern verarbeitet werden können, d.h., dass **alle Projektpartner dieselbe Software, bzw. untereinander kompatible Software anwenden.**

Ergebnisse und Berichte, die einen allgemeinen Aspekt betreffen (andere Partner oder das ganze Projekt) müssen auf der Internet-Plattform veröffentlicht werden.

Alle Projektpartner sind verpflichtet diese zu lesen und ggfs. zu kommentieren. Dieser Vorgang muss kontrollierbar sein (wer hat wann, welches Dokument gelesen).

Der Autor / die Autoren müssen sicherstellen, dass der / die Projektpartner eine Kommentierung vornehmen. Somit findet eine **Validierung** statt.

Von Arbeitskreis- und Gesamttreffen müssen Protokolle und Beschluss-Dokumente verfasst werden die dann im Archiv / Beschlussbuch (Internet-Plattform) zur Kommentierung abgelegt werden.

Wenn zu einem festgelegten Zeitpunkt nach der Veröffentlichung keine Änderungen eingehen gilt das Dokument als akzeptiert/beschlossen.

Die Abarbeitung / Erfüllung der Beschlüsse muss dokumentiert und allen Projektpartnern zugänglich abgelegt werden. Das Gremium teilt eventuell anfallende zusätzliche Aufgaben zu. Termin-Treue muß anhand des internetbasierten Kalenders erfüllt und dokumentiert werden. Die Partner müssen bei Änderungen / Problemen rechtzeitig informiert und ggfs. um Mitarbeit gebeten werden.

Ein **Qualitätsmanager** sollte **regelmäßig überprüfen**, ob alle terminlich vorgegebenen bzw. per Beschluß festgelegten Arbeiten erledigt wurden.

Gleichzeitig müssen **alle Partner** sich dazu verpflichten, sich selbst immer über den aktuellen Stand zu informieren (z.B. einmal pro Tag), selbst **als Kontrollorgan** zu fungieren und eventuelle Mißstände aufzuzeigen.

Obige Punkte sind bereits Bestandteil der projektinternen Kommunikation und müssen ebenso auf spätere Planungs- und Bauphasen angewandt werden.

#### **4.10.1.2 Kontrollpunkte im Verbundvorhaben BASYS**

Bei Übernahme eines Bauauftrages muss sichergestellt sein, dass BST-Elemente verwendet werden können (Maße, Anlieferung,...).

Die Planungsphasen für das Gesamtgebäude erfolgten anhand des Qualitätsmanagements des Architekten (Checklisten).

Der Haustechniker muss sicherstellen, dass die Integration der gewählten Haustechnik-Komponenten möglich ist, bevor die Produktion beginnt. Bei Änderungen der Konstruktionszeichnung müssen automatisch alle betroffenen Partner benachrichtigt werden. Nicht mehr gültige Dokumente werden mit einem Sperrvermerk versehen.

Nach jeder einzelnen Phase des Planungs-, Produktions- und Bauprozesses muß eine Qualitätskontrolle stattfinden (Zwischenabnahmen, Maßkontrolle, Soll-Ist-Vergleiche, ...).

Bei festgestellten Dokumenten-Fehlern muß anhand einer Planliste sichergestellt werden, dass die betroffenen Partner sofort von der Änderung erfahren, korrigierte Bereiche der Dokumente sind deutlich zu kennzeichnen.

Qualitätsmanagement-Meßverfahren müssen zum Einsatz kommen (z.B. Blower-Door-Test, Infrarot-Thermografie zu einem Zeitpunkt an dem Nachbesserungen noch möglich sind).

Validierung der tatsächlichen Energieverbräuche, Luftdichtigkeit, Wartungsintervalle und Nutzerzufriedenheit (z.B. nach 1, 5 und 10 Jahren).

Die Umsetzung der Anforderungen an nachhaltiges Bauen soll über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes bzw. einer Baumassnahme sichergestellt werden.

Monitoring während der Nutzungsphase ist somit als Teil eines erforderlichen Vergleichsprozesses zu betrachten und zu installieren. [17]

## 4.10.2 Internetbasiertes Qualitätsmanagement-Handbuch

Um die Vorteile der Arbeitsweise mit neuen Medien im Verbundvorhaben BASYS voll auszuschöpfen, lag es nahe, auch das Qualitätsmanagement internetbasiert mit der Plattform zu verknüpfen.

Exemplarisch wird im internetbasierten Qualitätsmanagement-Handbuch demonstriert, wie zukünftig jederzeit von jedem Partner an jedem Ort auf das jeweils aktuellste Qualitätssicherungs-Instrument zugegriffen werden kann.

Änderungen und Ergänzungen können „online“ editiert werden.

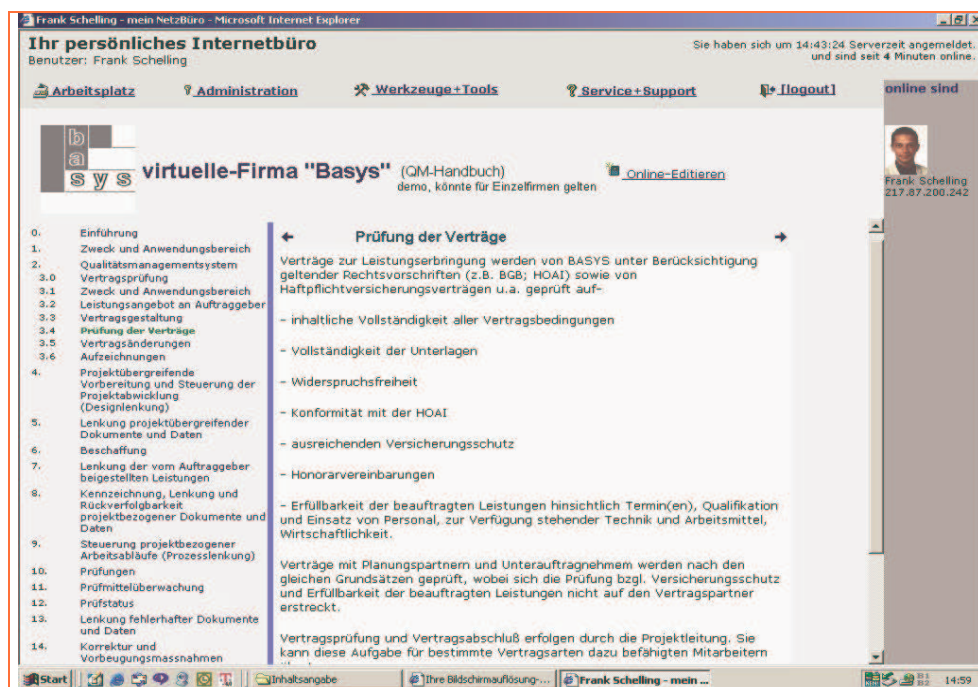


Abbildung 4-57: Beispielseite des internetbasierten QM-Handbuchs

Im Bild ist Punkt „3.4 Prüfung von Verträgen“ als Beispielseite gezeigt. In der rechten Bildhälfte ist der eigentliche Textinhalt enthalten, der auf die spezifischen Bedürfnisse der jeweiligen Projekte angepaßt werden kann.

Die linke Bildhälfte zeigt die Inhaltsangabe des internetbasierten Qualitätsmanagement-Handbuchs. Dieses Gerüst ist voraussichtlich ausreichend um fast jede denkbare planerische Situation einer virtuellen Firma mit wechselnden Projektpartnern abzubilden.

### 4.10.3 Qualitätssicherungshandbuch

(Von Peter Thomas, HATI GmbH, Berlin)

Um die hohe technische Komplexität eines innovativen Bauwerks besser beherrschen zu können, wurde bei dem BASYS-Vorhaben nicht nur im technischen Bereich das Prinzip der Modularisierung angewandt, auch die organisatorischen Aufgaben innerhalb des Planungs- und Ausführungsprozesses sowie der Nutzungsphase wurden modular organisiert. Insbesondere auf der Seite der Bauausführung wurden eine Vielzahl von Aufgaben zusammengefasst. Idealtypisch besteht das BASYS-Bauteam nur aus zwei Gewerken: dem Bauhauptgewerk und dem technischen Ausbau. Alle weitergehenden Ausführungsentscheidungen werden auf dieser Praktikerebene unter Handwerkern kollegial geregelt. Da jedoch zum Beispiel ein Installateur nicht im Sinne eines durchgängigen Qualitätssicherungssystem in allen technischen Ausführungsdetails gleichermaßen fachkompetent sein kann, sind die Akteure gezwungen, ihre praktischen Arbeitserfahrungen unter Kollegen und damit betriebsübergreifend unmittelbar zu kommunizieren. Im Ergebnis ist es daher nur noch ein sehr kleiner Schritt, das Erfahrungswissen in elektronischer Form zu dokumentieren und unter Kollegen auszutauschen.

Strukturpolitisch führt diese Entwicklung zu einer Aufwertung der Handwerkstätigkeit, wenn nämlich die praktische Arbeitserfahrung des Handwerkers rückgekoppelt werden zum Architekten/Planer bzw. dem späteren Nutzer/Betreiber wie aber auch zu den Herstellern von Systemkomponenten. Wie anders soll es zu einem "Wettbewerb der Ideen" kommen, wenn nicht die Wissensträger eingebunden sind? Noch ein anderer Aspekt ist in diesem Zusammenhang wichtig: die jungen Absolventen von Fachhochschulen/Universitäten sind zwingend auf diesen Wissenstransfer angewiesen, denn anders als vor 2 oder 3 Generationen, ist heute unter Studenten der Abschluss einer dreieinhalbjährigen Handwerkslehre die Ausnahme. Diese Absolventen wissen sicher sehr viel, aber "können nichts" im Sinne von "Begreifen", Vormachen, Zeigen. Wie wird z. B. eine Wanddurchführung mit einer Elektro- oder Wasserleitung durch eine vom Zimmermann realisierte "winddichte Gebäudehülle" nachträglich gelöst?

Über die Ausschreibungen werden die ausführenden Firmen auf jeder Baustelle immer wieder neu "zusammengewürfelt". Der ruinöse Preis- bzw. Verdrängungswettbewerb hat in den vergangenen 2 bis 3 Jahrzehnten auf den Baustellen dazu geführt, dass von einem kollegialen Umgang der Handwerker untereinander, von einer traditionellen

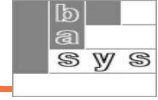
"Handwerkskultur" gar nicht mehr gesprochen werden kann. Über den regulären Auftrag wird meist kein Geld verdient, wenn überhaupt, wird durch das Schreiben von Behinderungsanzeigen ein Überschuss erwirtschaftet. Die am Bau durch das Sub-Unternehmertum geprägte Kultur hat unmittelbar auch Auswirkungen auf die Arbeit der Gesellen untereinander.

Diese arbeitsteilige Entwicklung der letzten 2 bis 3 Jahrzehnte hat insbesondere für die handwerklichen Bauberufe und -unternehmen dazu geführt, dass sie zukünftig, wenn der Einsatz ökologischer Bau- und Haustechniklösungen stärker gefordert wird, vor einem tiefgreifenden Wandel der Arbeits- und Qualifikationsanforderungen stehen.

Angesichts der enormen Zunahme an berufsnotwendigem Fachwissen sind zur ganzheitlichen Bewältigung der Zukunftsaufgaben beispielhafte Lösungen erforderlich, die nicht nur einen Beitrag zur gewerkespezifischen Qualifizierung der Bauhandwerker leisten. Gebraucht werden gewerkeübergreifende handwerksgerechte Qualifizierungsstrategien, die auf das Gesamtsystem "Bauwerk" abstellen, die aber nicht nur auf die Optimierung bei der Errichtung des Bauwerks fokussiert sind, sondern die auch den optimalen Betrieb zumindest während eines sehr langen Prozesses der Nutzungsphase berücksichtigen.

Von einer handwerksgerechten Qualifizierung kann nur gesprochen werden, wenn die im Handwerk bewährten, weil individuellen, Arbeits- und Vorgehensweisen erhalten bleiben und auf ein neues Niveau angehoben werden. Traditionelle Qualifizierungskonzepte konzentrieren sich häufig darauf, den Weiterbildungsbedarf zu ermitteln und in entsprechenden Curricula den Lernstoff systematisch aufzubereiten und anzubieten. Die fehlende Wechselwirkung zwischen externer Weiterbildung und den unmittelbaren Arbeitstätigkeiten in der Werkstatt, auf der Baustelle bzw. beim Kunden, ihre Abläufe, die Einbindung in die kleinbetriebliche Organisation, sind häufig der primäre Grund für das mangelnde Interesse an (externer) Weiterbildung im Handwerk. Erschwerend ist, dass bei den bisher verfolgten Ansätzen einer gewerkeübergreifenden Qualifizierung, das Erfahrungswissen und die Kompetenz der Mitarbeiter des Handwerksbetriebes nicht genutzt werden. Im Zusammenhang mit der breiten Umsetzung von ökologischen Bausystemlösungen, die diesen Namen auch verdienen, braucht das Bauhandwerk praxisgerechte Qualifizierungsinstrumente, die sich ohne zusätzlichen Aufwand in die Handwerksarbeit integrieren lassen.





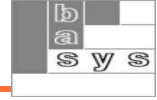
All diese Reibungsverluste / zusätzliche Kosten sind bei der Realisierung des BASYS-Systemhauses nicht möglich, da u. a. das Prinzip der Modularisierung auch erfordert, dass die Handwerkererfahrung bereits in der Konzeptionierungsphase in den Planungsprozess integriert wird. Auch wenn in dieser Phase mit dem Handwerker noch kein Auftragsverhältnis besteht, als spezialisierter Akteur innerhalb eines virtuellen Unternehmens (= Einrichtung auf Dauer), das eine netzbasierte (= digitale) Bauwerks- und Kommunikationsplattform nutzt, kann der Handwerker seine Fachkompetenz jederzeit einbringen und an der Fachkommunikation und der Lösung von "Komplexproblemen" gleichberechtigt partizipieren.

Im Rahmen des BASYS-Projektes wurden daher prototypisch praxisgerechte Beispiellösungen für die Erstellung, Einführung und kontinuierliche Weiterentwicklung geeigneter Unterstützungsmittel zur Verbesserung der Arbeit bei der Planung, dem Bau und der späteren Instandhaltungsphase entwickelt und erprobt. Dies betraf handwerksgerechte Arbeits- und Organisationsmodelle, technische Hilfsmittel zum berufsfeldübergreifenden arbeits-, umwelt- und sicherheitsgerechten Weiterbildung der Handwerksgesellen.

Wenn Praktiker Arbeitsdokumente im unmittelbaren Zusammenhang mit ihrer praktischen Tätigkeit erstellen, Kollegen aber auch Bauhelfer fachkompetent anleiten, Selbsthelfer im Rahmen der organisierten Gruppenselbsthilfe beraten und betreuen, wird ein Beitrag zum Erhalt und zur Anreicherung der ganzheitlich qualifizierten Arbeit geleistet. Gleichzeitig wird die Dienstleistungsqualität und die Konkurrenzfähigkeit von Kleinbetrieben des Handwerks verbessert. Damit erhöht sich auch die Attraktivität der Tätigkeiten und Berufe im Bau-, Ausbau- und Haustechnik-Handwerk. Durch inner-, zwischen- und überbetriebliche Kooperationen wurden bei den am Bau Tätigen dauerhaft wirksame Impulse zur Selbstorganisation und Kreativität sowie Mobilisierung von Eigeninitiative ausgelöst.

Diese prototypisch entwickelten Arbeitshilfen dienen auch der gewerkeübergreifenden Qualitätssicherung. Wenn Arbeitserfahrungen dokumentiert und innerhalb des Projektverbundes an Kollegen (auch aus anderen Betrieben und Berufen) weitergegeben sowie -bezogen auf die Planungs- und Konstruktionsprozesse- zurückgekoppelt werden (Stichwort: Wettbewerb der Konzepte versus Preiswettbewerb), dann ist dies ein Beitrag die Qualität der Arbeit über die gesamte Wertschöpfungskette durchgängig garantieren zu können.

Die Kompetenz der Mitarbeiter bezieht sich nicht nur auf den fachlichen Inhalt der Dokumentation, sondern auch auf deren Medienkompetenz. Wichtige Informationen von



weniger wichtigen zu trennen, Informationen hierarchisch zu gliedern, Informationen zu ergänzen, sie in einen neuen Kontext zu stellen, alternative Zugangswege aufzuzeigen usw., auch das sind Fähigkeiten und Fertigkeiten, die das elektronische Herstellungshandbuch im Sinne "Jeder Leser ist Autor" den Multimedia-Autoren abverlangt.

Häuser sind komplexe Systeme, die aus zahlreichen Materialien, Systemkomponenten und Installationen bestehen. Welche Materialien welcher Güte im Ergebnis eingesetzt wurden, darüber kann das elektronische Herstellungshandbuch Auskunft geben aber auch schwarz auf weiß ggf. auch multimedial belegen, ob die Ausführung fachgerecht ausgeführt wurde. Nicht nur beim Wiederverkauf, sondern auch zur Sicherung von Regressansprüchen bei später auftretenden Mängeln ist ein lückenloser Nachweis für den ausführenden Handwerksbetrieb wie auch für den Kunden von großem Nutzen und im Zweifel "Geld wert".

In diesem Zusammenhang sei folgender Hinweis erlaubt: Für den Erfolg eines Unternehmens sind die immateriellen Werte entscheidend, nicht die materiellen. Das wichtigste Kapital eines Handwerksbetriebs ist nicht das Kapital, was er auf der Bank liegen hat, sondern das Vertrauen seiner Kunden. Wer sich darauf konzentriert, den Nutzen für seine Kunden ständig zu steigern, wird weiterempfohlen. Und die Kunden kommen immer wieder.

Dieser immaterielle Nutzen kann sich auch in einem Kundengespräch zeigen. Der Handwerker demonstriert dem Kunden, dieser Betrieb legt nicht nur sehr viel Wert auf den Einsatz von Qualitätsprodukten, sondern er investiert auch in die berufliche Weiterbildung seiner Mitarbeiter. Neben dem fachlichen Können ist bei dem Betrieb zusätzlich der Arbeits- und Gesundheitsschutz gewährleistet. Der Kunde soll auch wissen, fachlich kompetente und motivierte Mitarbeiter sind nicht billig, leisten dafür aber Überdurchschnittliches und brennen darauf, ihr Können unter Beweis zu stellen.

Auf den folgenden Seiten werden einige exemplarische Beispiele aus dem elektronischen Herstellungshandbuch dokumentiert und kommentiert.



Abbildung 4-58: QS-Handbuch: Scheibe auflegen (1)

Im Zusammenhang mit der Montage von Solarkollektoren sind eine Vielzahl von Tätigkeiten erforderlich, die wenig mit den Kernkompetenzen des Gebäude- und Energietechnik-Handwerk zu tun haben. Bei Arbeiten auf dem Dach, denkt man zum Beispiel an den Arbeitsschutz und die Arbeitssicherheit, die plötzlich lebenswichtig sind bzw. werden können.

Die Darstellung oben zeigt eine Arbeitskarte aus der "elektronischen Montageanleitung zur sicheren und störungsfreien Kollektormontage" des Herstellers SOLVIS Energiesysteme GmbH, auf denen die jeweiligen Tätigkeiten kontextbezogen genau beschrieben sind. Aus der Erkenntnis heraus, dass elektronische Informationen die grosse Chance für Gesellen und Lehrlinge bieten, an Informationen heranzukommen, die in der Printwelt nur betrieblichen Entscheidern zugänglich waren und sind, hat man hier die Dokumente zielgruppengerecht aufbereitet, weil 9 von 10 Nutzern Praktiker sind. Arbeitsunterstützende Dokumente speziell für Gesellen und Lehrlinge bedürfen einerseits in besonderer Weise der bildhaften Darstellung und zum andern muss sie der Vorgehensweise, der Handlungslogik der Arbeitsprozesse entsprechen. Der Informationsgehalt einer Bildschirmseite ist vergleichbar mit einer gut gestalteten Overhead-Folie: nur eine Information auf eine Seite, große Schrift, möglichst auch ein Bild oder ein Grafik zum schnelleren Erkennen des Bildschirm Inhaltes.

Diejenigen Inhalte, die sich der Installateurgeselle nicht merken will, druckt er sich aus und nimmt sie als "Hosentaschenmedium" mit auf die Baustelle. Der Bezug zu der vom

Mitarbeiter individualisierten Montageanweisung wird auf dieser Seite durch den Hyperlink "Scheibe biegen" realisiert.

Beispielhaft wird hier gezeigt, wenn der Nutzer den Hyperlink "Scheibe biegen" anklickt.

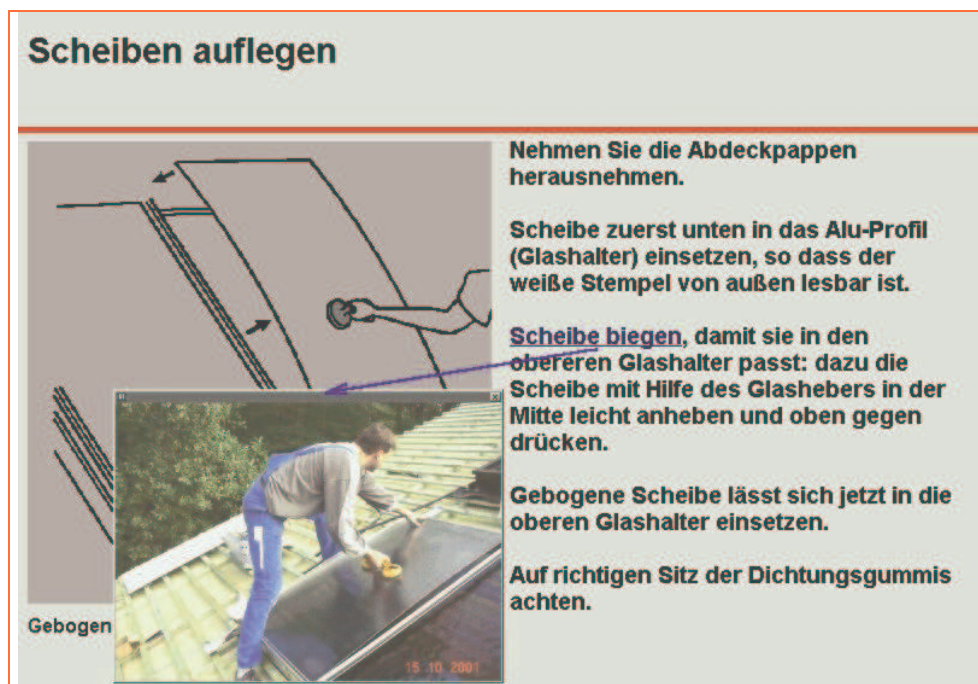


Abbildung 4-59: QS-Handbuch: Scheibe auflegen (2)

Das Dokumentations- und Qualifizierungssystem lebt durch die Individualisierung. Je nach Interesse kann der Autor (= Geselle oder Lehrling) das breite Angebot elektronischer Medien (Text, Grafiken, Bilder, Video und Audio) an seine individuellen Bedürfnisse anpassen. Gleichzeitig schreibt er auf diese Weise sein handwerksspezifisches baukonstruktives Wissen fort und sichert es gleichzeitig für den ausführenden Handwerksbetrieb. Einfach zu handhabende Visualisierungstechniken tragen damit auch zur Verbesserung der Kommunikation und Kooperation der am Bau Beteiligten bei.

Die treibende Kraft, der individuelle Nutzen, muss für denjenigen unmittelbar gegeben sein, der sein Erfahrungswissen dokumentiert. Wenn jeder Handwerksgehilfe das, was er handwerklich praktisch realisiert, auch dokumentiert, würden die Informationen über mehrere Phasen der Bauprozesskette zeitnah archiviert werden und könnten auch unter speziellen Gesichtspunkten (etwa als elektronische Gebrauchsanleitung) speziell aufbereitet werden.

Wenn dem Faktor "Information" eine immer grössere Bedeutung zukommt, müssen betriebliche Infrastrukturen und Rahmenbedingungen geschaffen werden, die auf den Einzelnen nicht als Begrenzung und Beschränkung wirken. Mit der Forderung "Jeder Leser ist Autor" stellen wir zunächst auf die Souveränität des Mitarbeiters ab und sehen in ihm nicht den "defizitären Lerner". Dies bedeutet auch ein Abkehr vom Defizitansatz traditioneller Weiterbildung hin zum Stärken- und Potentialansatz.



Abbildung 4-60: Dokumente in jeweiliger Muttersprache

Nach dem Arbeitsschutzgesetz sind die Betriebe mit mehr als 10 Mitarbeitern verpflichtet tätigkeits- und personenbezogene Gefährdungsanalysen zu erstellen und diese auch in dokumentierter Form für die Mitarbeiter vorzuhalten.

Auf der Bildschirmseitendarstellung (oben) wird beispielhaft demonstriert, dass der Arbeits- und Gesundheitsschutz nicht an Sprachbarrieren scheitern sollte. Wenn der mit der Montage der Solarkollektoren beauftragte Mitarbeiter die portugiesische, polnische oder - wie in dem gezeigten Beispiel - russische Sprache besser versteht als Deutsch, warum sollten nicht auch die arbeitsunterstützenden Hilfen in der jeweiligen Muttersprache angeboten werden?

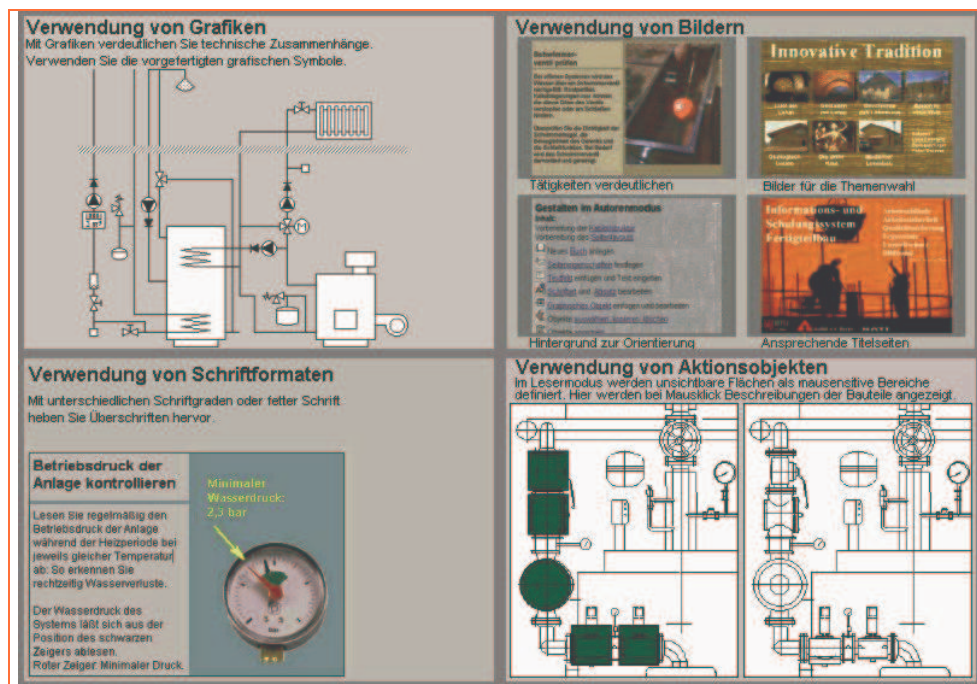


Abbildung 4-61: Autorenwerkzeuge

Zu einer erfolgreichen und motivierenden Arbeit mit einem Autorenwerkzeug bedarf es grundsätzlich einer einfachen Bedienung, schliesslich hat man es in der Regel mit EDV-technischen Laien, aber Experten in ihrem jeweiligen Arbeitsgebiet zu tun.

Für jemand, der in der Vergangenheit noch nicht als Multimedia-Autor agiert hat, ist es daher häufig hilfreich, wenn der Autorenmodus es ihm erlaubt, Veränderungen oder Anpassungen an dem bewährten Arbeitsdokument vorzunehmen. Offene Werkzeuge lassen vielfältige beliebige Darstellungen und Verknüpfungen zu. Ferner die Eignung für ein "learning-by-doing" und intuitiver Benutzbarkeit vorausgesetzt, ermöglichen Autorenwerkzeuge eine individuelle Erstellung und Gestaltung von anschaulichen und präzisen Arbeits- und Qualifizierungsmaterialien .

#### 4.10.4 Fachkoordination

Die Fachkoordination beinhaltet die Verknüpfung verschiedener Haustechnik-Fachbereiche. Sie wird in einen technischen Teil und einen räumlichen Teil untergliedert.

Dabei werden folgende Teilziele angestrebt:

- Äußerst wirtschaftlich arbeitende haustechnische Anlagen
- Optimal abgestimmte und einregulierte Teilsysteme
- Reibungsloser Planungsablauf
- Möglichst geringer und abgestimmter Platzaufwand der Anlagen
- Einfacher Betrieb
- Einfache und kompetente Übergabe an den Endbenutzer

Die **räumliche Koordination** beinhaltet die raumsparende, aufeinander abgestimmte Lage der Installationsräume bzw. -zonen, sowie die Anordnung der Apparate und Leitungen. Bestandteil der räumlichen Koordination ist also die gegenseitige Einflussnahme von Haustechnik und Bauwerk. Hierfür sind für Bedienung und Wartung der haustechnischen Anlagen möglichst geeignete Lösungen zu finden.

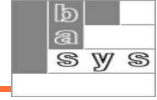
Die **technische Koordination** beinhaltet die gegenseitige Einflussnahme der verschiedenen Haustechnik-Systeme. Das Ziel der technischen Koordination ist der wirtschaftliche Bau und Betrieb der Anlage. Die wichtigsten Arbeiten innerhalb der technischen Koordination sind die Eingrenzung der Aufgabengebiete der jeweiligen Fachingenieure und Spezialisten, der reibungslose Informationsaustausch und die Berücksichtigung gegenseitiger Abhängigkeit.

##### Führung der Fachkoordination

In der Regel steht die Arbeitsgruppe unter der direkten Führung des Architekten oder eines Projektkoordinators, der ebenfalls die Gesamtkoordination inne hat. Bei komplexeren Bauvorhaben ist das Hinzuziehen eines Fachkoordinators empfehlenswert.

##### 4.10.4.1 Aufgaben des Fachkoordinators

Der Fachkoordinator wahrt die Interessen des Auftraggebers nach bestem Wissen und Möglichkeiten und unter Beachtung des allgemein anerkannten Wissenstandes für die Fachkoordination. Des weiteren organisiert er die Fachkoordination und beaufsichtigt deren Durchführung. Er ist außerdem verantwortlich für die Termineinhaltung in der Planung.



Seine Fachkompetenz bezieht sich auf die Gesamtkonzeption der Haustechnik (Verknüpfung von optimalen Systemen der einzelnen Sparten zu einem gut funktionierenden Gesamtkonzept mit technischer Koordination und räumlicher Koordination).

#### **4.10.4.2 Leistungen des Fachkoordinators**

##### **Vorprojektphase**

- Koordination der Einzelkonzepte der Fachgebiete zu einem – aus wirtschaftlicher Sicht - optimalen Gesamtkonzept aller Installationen und Anlagen,
- Grobkoordination der Trassen und Raumbedürfnisse

##### **Projektphase und Vorbereitungsphase der Ausführung**

- Optimierung des Gesamtprojektes (bezogen auf sämtliche Anlagen und Installationen)
- Detailkoordination der Trassen und Technikräume
- Koordination der Aussparungen
- Koordination der Materialien und Apparate, sowie der technischen Systeme
- Koordinationspläne soweit erforderlich

##### **Ausführungsphase**

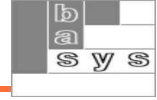
- Koordination der Ausführungsunterlagen
- Koordinations-Ausführungspläne soweit erforderlich
- Bereinigung der technischen Systeme
- Koordination der Montage und der Inbetriebnahme

##### **Träger der Fachkoordinationsleistung**

Die Fachkoordination ist Bestandteil der Gesamtkoordination. In der Regel wird sie von der Gesamtleitung geführt. Das Mitwirken der Beauftragten der einzelnen Fachgebiete an der Fachkoordination ist in den Grundleistungen enthalten und umfasst insbesondere die Abgabe aller für die Fachkoordination erforderlichen Unterlagen und die Teilnahme an Fachkoordinationsitzungen.

Wird dem Fachingenieur die Leitung und Durchführung der Fachkoordination übertragen, bildet sie einen zusätzlichen Auftrag und ist besonders zu vereinbaren. Die Erfahrung zeigt, dass es für die Abwicklung der Planungs- und Ausführungsarbeiten keinen starren Organisationsplan geben kann. Dieser muss vielmehr flexibel ausgelegt werden. D.h. bei





den verschiedenen Zusammensetzungen von Bauherrschaft, Bauplanung und Ausführung sowie den materiellen und finanziellen Voraussetzungen sind Organisationen und Funktionsabläufe für jedes Bauvorhaben maßgeschneidert anzupassen. [13], [14]

Checklisten für Nahtstellen der einzelnen Gewerke untereinander sowie mit der Architektur sichern und erleichtern diese Koordinationsaufgaben erheblich.

Vorschläge für eine derartige **Checkliste** befinden sich in der **Anlage 4**.

Die Fachkoordination sollte ebenfalls dafür verantwortlich sein, dass eine Gebäudedokumentation für Ihren Verantwortungsbereich über Planungs- und Bauzeit, Nutzungszeit, und Verträge wie in der Publikation „Hausakte – Für den Neubau von Einfamilienhäusern“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen [8] beschrieben ist, angefertigt und an den Bauherrn bzw. den Gesamtkoordinator ausgehändigt wird.

## **4.11 Aussendarstellung des Projektes durch S&H Solar-Energiekonzepte GmbH**

### **4.11.1 Messen BAU München 2001 und Bautech Berlin 2002**

Während beider Messen hat das Verbundvorhaben BASYS während der gesamten Messedauer auf dem Stand des BMBF teilgenommen.

Jeder Projektpartner hatte mindestens jeweils einen Tag einen Vertreter am BASYS-Stand zur Betreuung und Ergebnisdarstellung.

Auf der BAU 2001 in München wurde ein Brettstapel Wand-Eck-Modul mit Fensterausschnitt der Fa. Merkle präsentiert.

Im Modell integriert war ein Videogerät mit Fernsehmonitor. Hierauf wurde ein Film über Herstellung und Montage von Brettstapel-Elementen und –Häusern gezeigt.

Des Weiteren wurde über PC-Präsentationen und in persönlichen Gesprächen die Ziele und Verfahren sowie erste Ergebnisse an das interessierte Fachpublikum weiter gegeben.

### **4.11.2 Fachpresse**

Im April 2002 erschien im Sanitär & Heizungs-Report der Artikel „Ökohaus: wohngesund, ökologisch und CO<sub>2</sub>-neutral“.

In diesem Artikel wird einem Fachpublikum aus Sanitär – und Heizungsinstallateuren sowie Baufachleuten und Architekten das projektbegleitende Bauvorhaben „Wohnhaus Klute“ (siehe 4.7.2) dargestellt.

Brettstapel-Bautechnik, technische Komponenten der CO<sub>2</sub>-neutralen Wärme- und Stromversorgung, Wandheizflächen, Elektrobaubiologie, Regenwassernutzung, Zentralstaubsaugeranlage und Lüftungsanlage sowie strategische Ziele und Ergebnisse von BASYS werden dem Leser verdeutlicht.

Der Artikel ist auf beiliegender CD-ROM als PDF-Dokument enthalten.

Voraussichtlich erscheint im Frühjahr ein Folgeartikel im Sanitär & Heizungs-Report. Herr Friedrich Neeracher, Chefredakteur der Fachzeitschrift, hat diesbezüglich bereits Kontakt mit S&H Solar-Energiekonzepte aufgenommen.

### **4.11.3 Firmendarstellung**

Die Firma GABO Systemtechnik GmbH, Niederwinkling hat den oben beschriebenen Fachartikel als Sonderdruck veröffentlicht.

Der Sonderdruck enthält auszugsweise den Fachartikel. Neben den Beschreibungen des Wandheizflächen-Systems der Firma GABO Systemtechnik, im Bauvorhaben mit Lehm verputzt, werden somit auch Ergebnisse und Ziele von BASYS einem breiten Publikum in Form eines Marketing-Faltblattes zugänglich gemacht.

### **4.11.4 Innovationspreis 2002, Reutlinger Solartage**

Im Rahmen der Reutlinger Solartage 2002, einer regionalen Fachmesse, hat unsere Firma mit dem projektbegleitenden Bauvorhaben „Wohnhaus Klute“ (siehe 4.7.2) an der Ausschreibung zum Innovationspreis teilgenommen.

Hierbei hat die S&H Solar-Energiekonzepte GmbH den ersten Platz für die Innovation „100 % CO<sub>2</sub>-neutrales Gebäude mit Holz und Sonnenenergie“ belegt.

### **4.11.5 Homepage des Verbundvorhabens BASYS**

Bereits im Jahr 2000 wurde die aktuelle Homepage des Verbundvorhabens, siehe unter [www.basysnetz.de](http://www.basysnetz.de), gestartet.

Auf der Homepage werden die Ziele des Vorhabens, die Verbundpartner und deren Leistungsspektrum sowie erste Ergebnisse dokumentiert.

Die Homepage soll auch über die Laufzeit des Projektes hinaus betrieben werden.

### **4.11.6 Firmendarstellung S&H Solar-Energiekonzepte GmbH**

In unseren Firmendarstellungen, der Homepage „[www.solar-energiekonzepte.de](http://www.solar-energiekonzepte.de)“ und unserem Leistungsspektrum, wird auch nach Abschluss der Forschungsphase auf das Verbundvorhaben hingewiesen. Kurze Darstellungen sind jeweils enthalten, die Homepage ist direkt mit BASYSnetz verlinkt.

## 4.12 CD-ROM Präsentation

Die Arbeit und die Ergebnisse des Verbundvorhabens BASYS gliedert sich in 5 Teilvorhaben der einzelnen Projektpartner.

Die Projektpartner und deren Arbeitsfelder im Verbundvorhaben sind:

- Ascona, Holger König: Projektkoordination u. Lebenszyklusbetrachtung
- Joachim Eble Architektur
- Merkle GmbH, Rainer Merkle: Brettstapel-Technologie, Bautechnik
- S&H Solar-Energiekonzepte, Frank Schelling, Roland Huber: Integrierte Haustechnik
- Institut für industrielle Bauproduktion, Uni Karlsruhe, Niklaus Kohler: CAD-CAM-Kopplung, Internet-Plattform.

Die Schwierigkeit der Ergebnisspräsentation in einem 3-jährigen Projekt mit 5 Partnern zzgl. deren Subunternehmer besteht nun darin, einen prägnanten Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der Einzelpartner herzustellen und darzustellen.

Ein weiterer Wunsch ist und war die bearbeiteten Themengebiete auch einem weiteren Kreis von Fach- und Laienpublikum zu präsentieren.

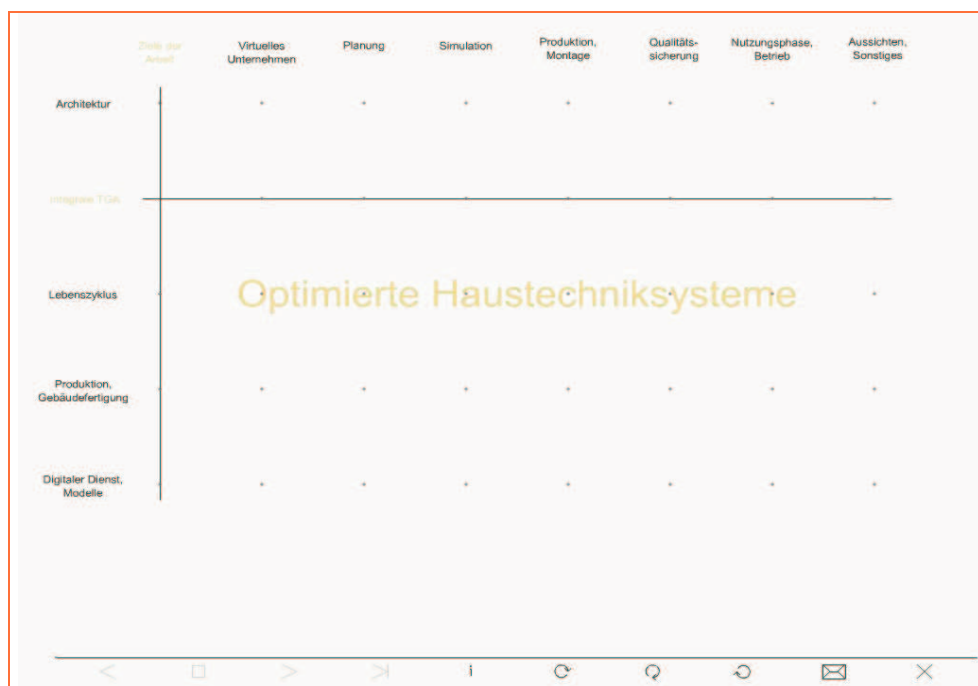


Abbildung 4-62: CD-ROM: Startseite, Fadenkreuz auf Punkt 1 Integrale TGA

Die Darstellung für diesen Anwendungsfall sollte kurz und prägnant sein. Des weiteren sollte diese Kurzpräsentation der Ergebnisse Interesse für eine weitere Beschäftigung mit dem Thema wecken.

Aus diesem Grund hat sich das **Projektteam entschlossen** eine **gemeinsame, klar und einfach strukturierte CD-ROM Präsentation zu erstellen**. Um dem Charakter eines Forschungsvorhabens gerecht zu werden, wurde Wert auf eine ansprechende aber nüchterne und unaufgeregte Darstellung gelegt.

Die **CD-ROM Präsentation befindet sich auf der letzten Umschlagsseite dieses Berichtes**. Sie wurde auch bereits mehrfach zur Aussendarstellung gegenüber Fachpresse, Medien und Baufachleuten eingesetzt.

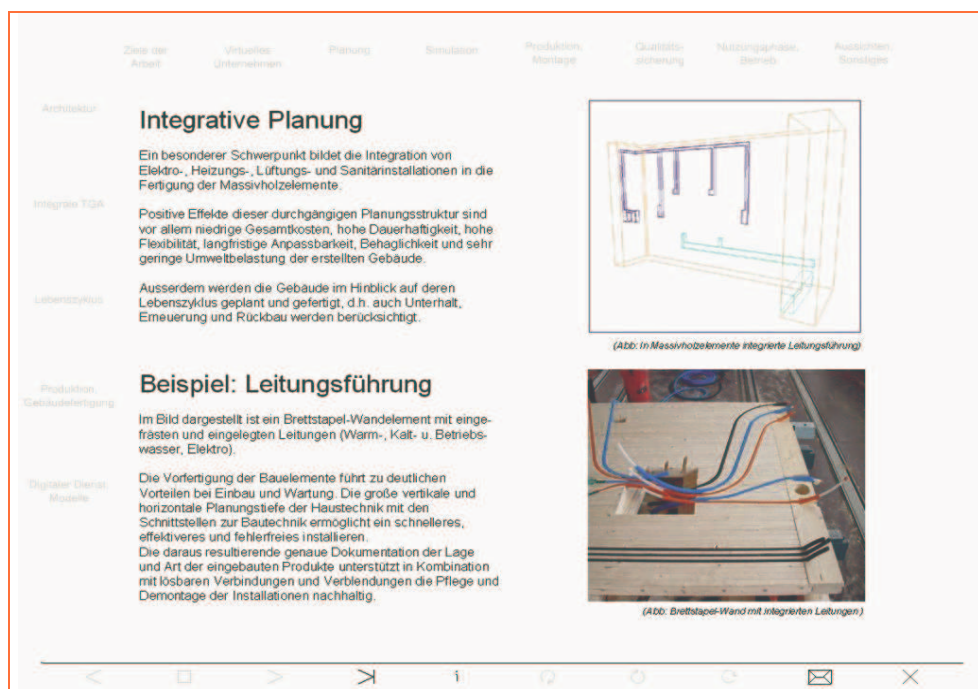


Abbildung 4-63: CD-ROM: Bild 1 Integrale TGA

Die CD-ROM ist selbsterklärend. Sie besteht aus ca. 80 „Basisseiten“ die auf der Übersichtsseite (siehe oben) auch jeweils einzeln betrachtet werden können. An jedem Schnittpunkt einer Spalte mit einer Zeile ist auf mindestens einer Seite von dem jeweiligen Projektpartner die Arbeit dargestellt.

Hiermit ist es gelungen, die Arbeit in einem Gesamtzusammenhang darzustellen und zu dokumentieren.

Ausserdem können automatisch alle Basisseiten am Stück oder auf zwei wählbaren thematisch strukturierten „Rundgängen“ betrachtet werden.

## 4.13 Rückkopplung von Projekterfahrungen an die Industrie

### 4.13.1 Fa. JRG Gunzenhauser

Die Fa. JRG Gunzenhauser, CH-Sissach ([www.jrg.ch](http://www.jrg.ch)) ist Armaturen und Systemkomponenten Hersteller im Bereich Sanitär und Heizung.

Jeweils im August 2001 und 2002 fanden zwei Fachgespräche zwischen Vertretern der Geschäftsleitung und Verkaufsleitern der Fa. JRG Gunzenhauser und Vertretern der Verbundvorhabens (Peter Thomas, Fa. Hati, Berlin; Michael Zwölfer IFIB, Karlsruhe; Frank Schelling, S&H Solar-Energiekonzepte, Hechingen) statt.

Die **ausführlichen Protokolle** der jeweils zweitägigen Besprechungen befinden sich **im Anhang als Anlage 5 und Anlage 6**.

Die Fachgespräche kamen auf Initiative von Peter Thomas, Fa. Hati zustande, der seit Anfang der 80er Jahre das Rohr-in-Rohr-System in verschiedenen ökologischen Modellvorhaben eingesetzt hat.

Das, innerhalb des BASYS-Projektes besonders interessante Rohr-in-Rohr-System wird von JRG GUNZENHAUSER AG unter dem Markennamen JRG SANIPEX<sup>®</sup> vertrieben.

Das Besondere an dem Rohr-in-Rohr-System ist, dass in der Wohnung (ähnlich wie bei einer Fussbodenheizung) an zentraler Stelle je ein Verteiler für Kalt- und Warmwasser installiert wird, von denen aus jede Zapfstelle separat versorgt werden kann. Dieses sogenannte Einzel-Zapfstellensystem erlaubt es, dass (theoretisch) jede Zapfstelle mit unterschiedlichen Wasserqualitäten versorgt werden könnte. Auch eine spätere Umstellung (z. B. auf Regenwasser) kann durchgeführt werden, ohne dass innerhalb der Bad- oder Kücheninstallation Stemmarbeiten ausgeführt werden müssten.

Ein Alleinstellungsmerkmal des JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Systems besteht u. a. darin, dass bei allen Übergängen vom Rohr auf den Fitting, immer der volle Rohrquerschnitt zur Verfügung steht (alle Wettbewerber arbeiten mit Stützhülsen im Rohr, die einen zusätzlichen (höheren) Einzelwiderstand darstellen). Fast alle Stockwerksleitungen können daher in der Mehrzahl der Fälle bei dem JRG SANIPEX<sup>®</sup>-System in der Dimension 12 x 1,8 mm ausgeführt werden. Dies verringert den Materialeinsatz, spart Energie und erhöht gleichzeitig den Komfort für die Nutzer. Durch die kleinere Dimension reduziert sich die Ausstosszeit einer Warmwasserleitung (z. B. eines Waschbeckens um ca. 50%).

GUNZENHAUSER hat als einziger Anbieter von Rohr-in-Rohr-Installationssystemen eine Armaturen-Anschlussdose im Markt, die zusammen mit dem Schutzrohr einem Druck von 2 mWS standhält. Diese Besonderheit, dass im Falle einer Undichtheit kein Wasser an der Anschlussdose austreten kann, hat GUNZENHAUSER auf Anregung der schwedischen Marktpartner entwickelt. Dadurch ist die JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Anschlussdose für den Brettstapelbau in besonderer Weise geeignet.

Allgemein wurde festgestellt, dass die Problematik der Bildung und Ableitung von Kondenswasser in konventionellen Bauwerken wie auch im Holzbau und unabhängig von den verwendeten Werkstoffen, bisher vernachlässigt wurde.

Die oben beschriebenen Systemvorteile sind deckungsgleich mit Teilzielen und Teilforderungen des Verbundvorhabens BASYS. Diesbezüglich war es Konsens innerhalb des Projektteams, das Rohr-in-Rohr-System der Fa. Gunzenhauser für optimierte brettstapelgerechte Lösungen heranzuziehen und weiter zu untersuchen bzw. zu optimieren. Unter anderem wurde das System auch im Bereich der CAD/CAM-Kopplung sowie Fertigung und Modellproduktion zur Bearbeitung herangezogen (siehe 4.6).

Optimierungen bzw. Design-Studien wurden z.B. im Bereich brettstapelgerechter Anschlussdosen, auch für den beidseitigen Einsatz und mit einer schwitzwasserdichten Schiebemuffe für die Kopplung von Bauteilen, erarbeitet (siehe 4.2.2).

Weitere besprochenen Themen waren:

- Bewertung von Rohr-in-Rohr-Systemen in einer Ökobilanz
- Anforderungen eines brettstapelgerechten Installations-Systems
- Darstellung der Praxiserfahrungen mit der brettstapelgerechten Anschlussdose und erste Überlegungen bezüglich einer flexiblen und schwitzwasserdichten Schutzrohr-Verbindung zwischen Brettstapel-Elementen
- Darstellung eines handwerksadäquaten BASYS-CAD-Modells
- Generierung des CNC-Programms aus den Hersteller-CAD-Daten
- Darstellung der Anforderungen an ein brettstapelgerechtes Heizkörper/-flächen-Anbindesystem auf der Basis von Hersteller-Systemkomponenten
- Darstellung der Anforderungen an ein Bus-fähiges Armaturensystem auf der Basis von Hersteller-Systemkomponenten

### 4.13.2 Fa. WEM-Systembau

Die Fa. WEM-Systembau, Koblenz-Neuendorf ([www.wem-systembau.de](http://www.wem-systembau.de)) stellt als einer der wenigen Hersteller am deutschen Markt Lehmwandheizflächen-Trockenbauelemente her.

Da die Philosophie dieses Produktes im Hinblick auf BASYS-Ziele und Anforderungen (hohe Behaglichkeit, Komfort, hoher Strahlungsanteil, Vorfertigungsmöglichkeiten, Lebenszyklus, naturnahe, regionale Produkte) sehr weitgehende Übereinstimmung aufweist, wurde mit der Firma die Weiterentwicklung im Hinblick auf umnutzbare, d.h. im konkreten Fall versetzbare, Wandheizflächen diskutiert.

Die Elemente müssten für einen derartigen potentiellen Einsatz mit einer optisch hochwertigen Stosskante versehen werden. Technisch ist dies problemlos zu realisieren.

Für eine tatsächlich hohe Flexibilität der Elemente in Bezug auf Umsetzbarkeit ist die Entwicklung von z.B. selbstdichtenden Steckkupplungen, bzw. einfach vom Nutzer abzudichtende Verbindungen mit gefüllter Anbindeleitung z.B. über einen Drehverschluss umzusetzen bzw. zu erproben. Technisch stellt auch dies keine größeren Problempunkte dar.

Einer direkten Umsetzung der besprochenen Ideen, stehen jedoch die damit verbundenen anfallenden Kosten mit einem derzeit noch nicht tragfähigen Marktpotential entgegen.

### 4.13.3 Fa. GABO Systemtechnik

Die Fa. GABO Systemtechnik GmbH, Niederwinkling ([www.gabosys.de](http://www.gabosys.de)) stellt unter anderem ebenfalls Systeme für Wandheizflächen her. Zur Zeit sind Systeme im Angebot für Nassverfahren mit vorgefertigten Heizregistern bzw. auch als Einzelemente für Montage aller Einzelteile auf der Baustelle (wurde im projektbegleitenden Bauvorhaben Wohnhaus Klute, siehe 4.7.2, eingesetzt) sowie Systeme für Trockenbauweise mit Gipsfaserplatten (wurde bei Bestückung der Modellproduktion, siehe 4.6, eingesetzt).

Alle Systeme basieren auf einem Heizflächenrohr mit äußerst geringem Querschnitt von 6 x 1 mm bzw. 8 x 1 mm mit Sammelrohren von 15 x 1,5 mm, bei eingesetzten Plattenstärken von 12,5 bzw. 15 mm.

Der sehr geringe Querschnitt der Heizflächen-Leitung kommt bei Wandheizflächen nahe an das theoretische Optimum einer homogen wärmestrahrenden und mit geringem Wasserinhalt und somit sehr flink reagierenden Einheit heran.

Wie bei den Elementen der Fa. WEM (s.o.) liegt auch hier eine sehr weitgehende Übereinstimmung der Philosophie dieser Produkte im Hinblick auf BASYS-Ziele und An-



forderungen (hohe Behaglichkeit, Komfort, hoher Strahlungsanteil, Vorfertigungsmöglichkeiten, Lebenszyklus, naturnahe, regionale Produkte) vor.

Mit der Firma, konkret den Vertretern der Abteilung Marketing sowie dem zuständigen Gebietsleiter wurde auch hier die Möglichkeiten der umsetzbaren Heizflächen ausgiebig diskutiert.

Die Elemente müssten ebenfalls für einen derartigen potentiellen Einsatz mit einer optisch hochwertigen Stosskante versehen werden. Technisch ist dies auch hier problemlos zu realisieren.

Für eine tatsächlich hohe Flexibilität der Elemente in Bezug auf Umsetzbarkeit besteht selbstverständlich auch hier der Bedarf auf Entwicklung von selbstdichtenden Steckkupplungen, bzw. einfach vom Nutzer abzudichtende Verbindungen mit gefüllter Anbindeleitung.

Einer direkte Umsetzung der besprochenen Ideen, stehen auch hier die anfallenden Kosten mit einem derzeit noch nicht direkt sichtbaren Markteinsetzbarkeit entgegen.

#### **4.13.4 Fa. Wodtke**

Fa. Wodtke, Tübingen ([www.wodtke.com](http://www.wodtke.com)) ist unter anderem Hersteller und Marktführer bei vollautomatischen Holz-Pelletraumgeräten als Zentralheizungskessel. Ein Gerät diesen Typs wurde auch beim projektbegleitenden Bauvorhaben Wohnhaus Klute (siehe 4.7.2) eingesetzt.

Mit Vertretern des Herstellers aus den Bereichen Marketing und Vertrieb sowie Schulung wurde ausführlich die Vorgehensweise sowie die Vorzüge einer digitalisierten Nutzeranleitung erörtert.

Da die digitalisierten Nutzeranleitung aufbauend auf dem projektbegleitenden Bauvorhaben Wohnhaus Klute erstellt wurde haben wir uns entschlossen den Raum-Pelletofen exemplarisch sehr ausführlich darzustellen.

Problematisch ist hier die urheberrechtliche Seite der Daten, Texte und Bilder der Hersteller zu sehen. In den allermeisten Fällen sind die Daten und Bilder zwar existent, da sie für Prospekte und Bedienungsanleitungen vorgehalten werden, jedoch sind die Firmen häufig nicht bereit diese Daten ohne sehr genaue Kenntnis der Verwendung herauszugeben, obwohl die grundsätzliche Vorgehensweise und der Nutzen für Hersteller, Handwerker und Endkunde ausser Frage steht.

#### 4.13.5 Fa. Lackenbauer

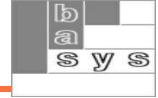
Fa. Lackenbauer Modulbau, Traunstein ([www.lackenbauer.de](http://www.lackenbauer.de)) ist der Einzige uns bekannte, am Markt befindliche Hersteller, der Bausteinlösungen für Energiespartechnik, d.h. Hausanschlussmodul mit Wärmeerzeugung und –Verteilung über die Lüftungsanlage sowie integrierter Sanitärtechnik als Wandeinbaumodule anbietet.

Herr Lackenbauer war 2001 bei einer Sitzung des Projektteams in Stuttgart anwesend und hat sein System der „Bausteinlösung für Energiespartechnik“ vorgestellt.

Im Anschluss daran waren Herr Michael Zwölfer, ifib Karlsruhe und Herr Schelling, S&H Solar-Energiekonzepte Hechingen zu Besuch bei Fa. Lackenbauer in Traunstein.

Besichtigt wurden:

1. Passiv-Bürogebäude (Baujahr 1998/99)  
mit semizentraler Lüftungsanlage, erstes ausgeführtes Gebäude mit „Lackenbauer-Modulen“.  
Interessante Aspekte: Die Lüftungsverteilung in den Büroräumen wurde sichtbar realisiert, der Montageaufwand des Leitungssystems wurde hierdurch wesentlich erhöht, da optische Anforderungen in den Vordergrund rücken.
2. Passivhaus mit Einliegerwohnung (Rohbau)  
Interessante Aspekte: die Haustechnikverteilung für Sanitär, Lüftung (-Heizung) erfolgt außerhalb des Gebäudes in der Dämmschicht, hierdurch ist eine einfache Montage ermöglicht.  
Dies führt jedoch zu einer Schwächung der Dämmschicht über größere Bereiche (geschätzt 10 – 15 % der Nordfassade), hierdurch eventuell keine Einhaltung des Passivhaus-Standards (15 kWh/m<sup>2</sup>a), sondern ca. 18 kWh/m<sup>2</sup>a.
3. Montagehalle der Fa. Lackenbauer  
Vorgeführt wurde ein (älteres) Ausstellungsstück, Bautiefe 43 cm sowie ein überarbeitetes Konzept mit neuer Anordnung der Technikkomponenten mit reduzierter Bautiefe von 35 cm und ein um ca. 1/3 kleineres Lüftungsmodul (durch neue bzw. neu angeordnete Komponenten). Für dieses neue Element hat Fa. Lackenbauer bereits Gebrauchsmuster und Patente auf Einzelkomponenten und Anordnung der Technik angemeldet.



In Einfamilien- und Reihenhäusern mit konventionellem Haustechnikraum werden ca. 4 – 6 m<sup>2</sup> benötigt. Durch den Einsatz der komprimierten Modulbauweise lässt sich dieser Flächenbedarf auf unter 2 m<sup>2</sup> reduzieren.

Über eine Zonierung der Modulstruktur werden soweit möglich hierarchische Bereiche nach Zugänglichkeit ausgeführt.

Vor allem im verdichteten Wohnungsbau können potentiell Kosten- und Imagevorteile der Modulbauweise ausgeschöpft werden. Dies erfordert angepasste Grundrisse, die den Einsatz der Modulbauweise sinnvoll ermöglichen.

Die Ansatzpunkte der Fa. Lackenbauer für ihr Produkt deckt sich in weiten Teilen mit den BASYS-Zielen Grundriss-Strukturierung / -Zonierung, Flexibilität, Austauschbarkeit sowie hohe Effizienz und kompakte, intelligente Haustechnik-Verteilung.

Diesbezüglich wurden die Bausteinlösungen der Firma auch in unseren Katalog STAMM-ZWEIGE (siehe 4.1) aufgenommen.

## 4.14 Kooperation mit F&E-Projekten

### 4.14.1 Individuelle Massenfertigung intelligenter Häuser

Die Firma K.-M. Maier AG aus Reutlingen hat im BMBF-Projekt „Individuelle Massenfertigung intelligenter Häuser“ (4-Wochen-Haus) eine vergleichbare Stellung wie die Firma S&H Solar-Energiekonzepte GmbH im Verbundvorhaben BASYS.

Das erste Treffen zwischen Herr Albert Rinn, Vorstandsvorsitzender der K.-M. Maier AG Reutlingen und Frank Schelling, Geschäftsführer der S&H Solar-Energiekonzepte GmbH, Nehren fand im Herbst 2000 statt.

Die Verbundprojekte, mit den aktuellen Zwischenergebnissen, wurden gegenseitig vorgestellt.

Die bei beiden Projekten vorhandenen bzw. entstehenden Internetplattformen mit Ihren teilweise vergleichbaren Funktionen wurden näher betrachtet.

Beide Firmen waren damit beschäftigt eine durchgängige und auf AutoCAD 2000 aufbauende Planungssoftware (Heizung-Lüftung-Sanitär) auszuwählen. Hierfür wurde enger gegenseitiger Informationsaustausch und eventuell gemeinsamer Einkauf der entsprechenden Software vereinbart.

Des weiteren wurden Treffen je nach den jeweiligen Ergebnisfortschritten in den Projekten anvisiert.

In einem Treffen im Dezember 2000 in Reutlingen zwischen, Herrn Albert Rinn, Fa. K.-M. Maier AG, Herrn Siegfried Hölzer (Projektkoordinator), Herr Wolfgang Kindler, Fa. Kindler, Projektpartner d. Fa. Maier sowie unsererseits Herrn Frank Schelling und Herrn Roland Huber, S&H Solar-Energiekonzepte GmbH statt.

Die Verbundprojekte, deren allgemeine Zusammensetzung und Ziele wurden eingehend dargestellt.

Wesentliche Unterschiede zum Verbundvorhaben BASYS sind:

- Innerhalb 4 Wochen soll das Haus bezugsfertig sein
- Bauherren sollen individuelle Wünsche „ohne Einschränkungen“ realisieren können
- Beton-Massiv-Bau

Die Zielvorstellungen der Haustechnik in BASYS wurden in schriftlicher Form übergeben und dargestellt.

Des Weiteren wurde unsererseits dargelegt, dass wir innerhalb BASYS einen „offenen Umgang“ mit Ergebnissen gegenüber den „verwandten“ BMBF-Projekten anstreben.

Herr Hölzer und Herr Rinn sahen dies ebenso.

Da offensichtlich im 4-Wochen-Haus Projekt noch keine detaillierten schriftlichen Zielvorstellungen vorlagen, regt Herr Hölzer für sein Projekt eine vergleichbare Aufstellung wie die Zielvorstellungen der Haustechnik für BASYS an.

Im 4-Wochen-Haus wird als ein zentrales Hauptproblem die Schnittstellenproblematik der Haustechnik-Planungssoftware bzw. die Rückführbarkeit der Daten zu den jeweiligen Programmen der Architektur und Fertigung gesehen.

Angedachtes Vorgehen für eine gegenseitige Unterstützung und Erfahrungsaustausch war:

- Im 4-Wochen-Haus werden Dokumente mit Zielvorstellungen erstellt. Sobald diese vorliegen werden Treffen zum gegenseitigen Ergebnisaustausch stattfinden. Angedachte Gruppenszusammensetzung wäre Herr Hölzer, Herr Rinn, Herr Kindler, Büro Eble und Solar-Energiekonzepte. (Daten wurden nicht an uns übergeben, Termin fand nicht statt.)
- Bzgl. der Software-Auswahl wird von Fa. Maier ein Vorfürtermin mit Fa. Rocad organisiert um das Programm auf Tauglichkeit zu prüfen. (Termin fand statt.)

Im November 2001 fand ein Baustellenbesuch in einem projektbegleitenden Bauvorhaben des 4-Wochen-Hauses in Reutlingen – Kirchentellinsfurt statt.

Teilnehmer waren Herr Baumann, Fa. K.-M. Maier AG und Herr Schelling, S&H Solar-Energiekonzepte GmbH.

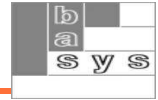
Nach dem ersten Bauprojekt, ein Einfamilienhaus in Nehren, wurde ein Mehrfamilienhaus in Kirchentellinsfurt mit dem Konzept des „4-Wochen-Hauses“ erstellt.

(Weitere Informationen siehe auch [www.vierwochenhaus.de](http://www.vierwochenhaus.de).)

Laut Aussage Herrn Baumann ist ein innovativer Aspekt die von Fa. Maier und Fa. Kemmler entwickelte Wandheizfläche die in vorgefertigten Betonmassivwänden eingelegt ist.

Die Rohre haben eine Betonüberdeckung von 2,5 cm.

Weiterhin sind auf Basis des GIS-Systems, Fa. Geberit vorgefertigte mit Installationen (Elektro) bestückte, Metall-Leichtbauwände integriert.



Es hat sich herausgestellt, dass Logistik und Handling (Größe, Einbaumaße) schwieriger zu beherrschen sind als ursprünglich gedacht.

Die Verteilung in den Geschossen/Wohnungen erfolgt über Estrich.

Wärmemengenzähler und Heizungsanlage sind über den Hometronic-Bus fernablesbar.

Die Abluftanlage ist mit Zuluftelementen der Fa. Aereco, die luftfeuchtigkeits-gesteuert Öffnen und Schließen, ausgerüstet.

Ein von uns angeregter Termin in unserem projektbegleiteten Bauvorhaben Klute fand nicht statt.

## 5 Ausblick und F&E-Bedarf

### 5.1 Ausblick

Das Verbundvorhaben BASYS erbrachte in unserem Teilvorhaben viele neuen Erkenntnisse im Bereich der Brettstapel-Technologie, dort vor allem bei der brettstapelgerechten Haustechnik-Installation.

Nachfolgend werden die derzeit zu erwartenden Fortführungen der Ergebnisse über das Verbundvorhaben hinaus kurz dargestellt.

Da noch weitere, auch die Firma S&H Solar-Energiekonzepte tangierende Themenkomplexe bearbeitet wurden, bestehen zusätzliche potentielle Arbeitsfelder, auf die hier jedoch nicht speziell eingegangen wird.

#### 5.1.1 Brettstapelgerechte und integrierte Haustechnik-Installationen

Vor allem im Bereich der Vorfertigung brettstapelgerechter Haustechnik bzw. deren Integration in die Produktherstellung im Werk werden enorme Potentiale gesehen.

Die Schlüsselverfahren bzw. –technologien hierzu sind eine angepasste Verteilsystematik und eine entsprechende Montagetechnik.

Ziel ist die Integration der unterschiedlichen nacheinander folgenden Gewerke in ein Bauteil.

Die im Verbundvorhaben BASYS entwickelten Verteilsysteme mit Medienkanal sowie Decken- und Sockelkanal sollen in Verbindung mit zentralen Installations-Schächten, die ebenfalls vorgefertigt werden können und heute teilweise schon Anwendung finden [2], weiter entwickelt werden. Die ersten Prototypen und in realen Bauwerken eingesetzten Systeme sind sehr vielversprechend.

Bereits entwickelte Schnellverschlüsse mit den Attributen Montagefreundlichkeit, Demontierbarkeit, Selbstzentrierung, Zeiteinsparung und multifunktionale Anwendung für verschiedene Haustechnik-Systeme wurden als Ergebnis eines anderen F&E-Vorhabens schon zum Patent angemeldet [18]. Die Verfügbarkeit für Brettstapel-Elemente muss geprüft werden.

Revisionierbarkeit der Schnellverschlüsse im eingebauten Zustand, d.h. Umnutzung oder Austausch bzw. Reparatur bei Defekten in diesen hochsensiblen Verbindungsbereichen müssen unter BASYS-Aspekten genau untersucht werden.

Für brettstapelgerechte Installationen ist ebenso eine optimierte Vorfertigung bzw. Montage-technik erforderlich.

In diesem Zug soll auch die Kennzeichnung der verlegten Leitungen auf der Beplankung erfolgen. Für nachfolgende Arbeiten an den Fertigelementen ist für ein rationelles Vorgehen die Kenntnis der Sperrbereiche bereits verlegter Leitungen/Installationen erforderlich. Diese Funktion ist prinzipiell über die Bearbeitungszentren automatisch zu erbringen.

Für die weitere Grundlagenarbeit soll auch der Brettstapel-Bundesverband gewonnen werden.

### **5.1.2 Überprüfung der Forderung „100 % Revisionierbarkeit“**

Die aus den BASYS-Leitbildern hervorgegangenen Forderungen nach langfristig optimalen Lösungen, hoher Dauerhaftigkeit, hoher Flexibilität und langfristiger Anpassbarkeit führte im Bereich der Haustechnikverteilung zur Zielsetzung der 100 %-igen Revisionierbarkeit. Das bedeutet, dass Leitungen im besten Fall direkt zugänglich sein sollen (siehe 4.2.2) um Nachrüstungen und Umnutzungen aber auch Rückbau problemlos zu ermöglichen. Nur für den Fall sonst erheblicher Schwierigkeiten soll eine Leitungsverlegung im „nachinstallierbaren Leerrohr“ toleriert werden.

Dies wurde mit den in Kapitel 4.2.2.1 und 4.2.2.2 beschriebenen Komponenten umgesetzt. Unter Investitionskostenaspekten sind diese Komponenten jedoch kritisch zu hinterfragen. Ziel muss eine monetäre Bewertung der Lebens-Zyklus-Kosten derartiger Systeme sein. Es muss geprüft werden ob die erhöht anfallenden Kosten über die Lebenszeit der Systeme amortisiert werden können, bzw. welche sonstigen Zusatznutzen sie erbringen.

Derzeit liegen jedoch unseres Wissens keine diesbezüglich praktikablen Bewertungskriterien oder gar Software vor (siehe auch 5.1.3), jedoch sind diese teilweise geplant bzw. in Arbeit.

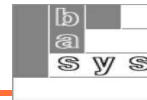
### **5.1.3 LEGOE-Elemente-Erweiterung „Reverse Engineering“**

Die Lebens-Zyklus-Bewertungssoftware LEGOE (siehe auch Bericht H. König, Fa. Ascona) hat derzeit noch keine Möglichkeit implementierte Aussagen zu Umnutzbarkeit, Nachrüstung bzw. Reverse Engineering zu generieren.

Als erster Schritt ist angedacht, zumindest Attribute den Feinelementen über angehängte Texte ohne Klassifizierung zuzuordnen.

Das Feinelement „reversierbarer Sockelkanal“ hätte dann z.B. die höchste Klassifikation mit „bestens geeignet“, der Medienkanal aufgrund nur teilweiser Zugänglichkeit höchstens „gut





geeignet“. Nächster Schritt ist dann die Überführung dieser verbalen Beschreibung in bewert- und vergleichbare Zahlenklassifizierung, so dass ein Bauteil oder Gebäude in der Summe bewertet und verglichen werden kann.

#### **5.1.4 Nachhaltigkeits-optimiertes BASYS-Systemhaus**

Die innerhalb des Verbundvorhabens BASYS hinsichtlich Nachhaltigkeit entwickelten sehr hochwertigen Lösungen im Bereich Haustechnik, Haustechnik-Integration, Brettstapelgerechte Lösungen, optimierte Verteilsysteme und optimierte Grundrisse sollen weiter verfolgt werden.

Gemeinsam mit Büro J. Eble Architektur, Tübingen und eventuell weiteren Partnern aus dem Verbundvorhaben, ist geplant ein nachhaltigkeits-optimiertes BASYS-Systemhaus aus Brettstapelholz zur Umsetzung zu bringen.

Die Grundlagen zur Umsetzung wurden während des Projektes weitestgehend erarbeitet, in Teilbereichen auch nur angedacht.

#### **5.1.5 Digitalisierte Gebäude- und QS-Dokumentationen**

Digitalisierte Informationen für Handwerker, Nutzer und Architekten werden immer wichtiger um jederzeit an jedem Ort die erforderlichen Unterlagen zur Verfügung zu haben.

Vor allem bei den im Verbundvorhaben untersuchten und exemplarisch dargestellten digitalisierten Nutzeranleitungen (siehe 4.8) und digitalisiertes Qualitäts-Sicherungs-Handbuch (4.10.3) werden enorme Potentiale gesehen.

Allerdings hat sich während der Projektlaufzeit bei der Arbeit an den digitalisierten Handbüchern herausgestellt, dass die Hersteller entweder noch nicht über digitalisierte Informations-Medien verfügen oder, was häufiger der Fall war, diese nur unter großen Widerständen bzw. nach ausserordentlich aufwendiger und langwieriger Überzeugungsarbeit zur Verfügung stellen. Häufig bestand die Befürchtung der unsachgemäßen bzw. verfremdenden Verwendung der Dokumente an oberster Stelle.

Den entsprechenden Fachgremien und Verbänden der Handwerker, Hersteller und Architekten soll der Nutzen derartiger digitalisierter Handbücher verdeutlicht werden. Ziel in allseitigem Interesse muss die Verfügbarkeit und Einsetzbarkeit derartiger Dokumente sein. Hierdurch ergeben sich entscheidende Impulse bei Qualitätssicherung und Nutzerzufriedenheit.

## 5.2 F&E-Bedarf: Projektvorschläge

### 5.2.1 Brettstapelgerechte Haustechnik-Integration und –Komponenten

Entscheidende qualitative Fortschritte und Kostenreduktionen lassen sich bei hochwertigen, nachhaltigkeits-optimierten Bauwerken nur über einen sehr hohen Vorfertigungsgrad und mit darauf angepassten Komponenten und Systemen erzielen.

Die im Verbundvorhaben BASYS erzielten Ergebnisse und Erfahrungen im Bereich brettstapelgerechter Installationen (4.2.2), optimierter Verteilsysteme und Wohnbautypen (4.2.1) sowie bei brettstapelgerechter Fertigung und Montage (4.6.2, 4.7) sollten fortgeführt und vertieft werden.

Vor allem die Entwicklung von Komponenten und Verfahren, die auf die speziellen Brettstapel-Randbedingungen hin optimiert sind, ist erforderlich.

In Berechnungen, Simulationen und Tests muss z.B. die Kondenswasserbildung bei Leitungsintegration in den Brettstapel untersucht werden. Die vorhandenen und präferierten Rohr-in-Rohr-Systeme müssen auf die vermutete Wirksamkeit gegen die Kondenswasserproblematik untersucht werden.

Multifunktionale Schnellverbinder für Wand- und Deckenelemente mit integrierten Haustechnik-Verbindern für Heizung, Elektro und eventuell Sanitär sollten unter den BASYS-Leitbildern entwickelt oder angepasst werden (es existieren patentierte Schnellverschlüsse, die jedoch nicht allen BASYS-Anforderungen gerecht werden [18]).

### 5.2.2 Lebenszyklus-Kosten einzelner Haustechnik-Elemente

Bisher können Gebäude-Lebenszyklus-Kosten zwar mit hinreichender Genauigkeit ermittelt und somit auch gegenüber anderen Gebäuden optimiert werden. Eine Vergleichbarkeit bis zum einzelnen Feielement ist derzeit jedoch nicht möglich.

Im Sinne einer umfassenden Nachhaltigkeitsbetrachtung ist es erforderlich Optimierungen nicht nur auf Basis gesamter Baugruppen (z.B. Wasser-Verteilung oder Heizwärme-Erzeugung) durchzuführen, sondern die Vergleichbarkeit soll bis zu einzelnen prägnanten Qualitätsunterschieden hin möglich sein.

Beispielsweise ist die Revisionierbarkeit, Kondenswassersicherheit und Nachrüstfähigkeit verschiedener Wasserqualitäten bei den betrachteten Rohr-in-Rohr-Systemen mit Einzel-Zapfstellen-Versorgung (4.2.2.4) in derzeitigen Berechnungen nicht bewertbar. Dies sind jedoch für die Lebenszyklus-Betrachtung immanant wichtige Punkte im Vergleich mit z.B. konventionellen Kunststoff-, Kupfer- oder Verbundrohr-Verteilungen.

### **5.2.3 Lebenszyklus-Betrachtung „Gesundheit, Wohlbefinden, Komfort“**

Für Bau- und Haustechnik existieren derzeit ausschließlich objektiv messbare Bewertungsgrößen wie Massenstrom, Investitions-, Wartungs-, Reinigungs- und Entsorgungskosten, Emissionen, etc..

Im Verbundvorhaben BASYS stehen jedoch auch die menschlichen Bedürfnisse im Fokus. Das heißt Gesundheit, Wohlbefinden und Komfort sind wichtige Kriterien bei der Systemerstellung und Produktauswahl die über vergleichende Bewertungen mit in die Entscheidungen einfließen sollten.

Dass z.B. eine Niedertemperatur-Wandheizfläche gegenüber herkömmlichen Radiatoren oder Konvektoren entscheidende Vorteile aufweist ist unbestritten. Geringere Staubaufwirbelungen erhöhen den Gesundheitsaspekt, wärmeabstrahlende Wände werden physiologisch als sehr angenehm empfunden und über die äußerst geringe Speichermasse der Wandheizflächen lässt sich eine sehr flink regelbare, komfortable Wärmequelle realisieren.

### **5.2.4 Hochflexible Haustechnik-Systeme und –Komponenten**

Flexibilität bei „sich verändernden Gebäuden“, Nachrüstbarkeit und nutzerfreundliche Technik sind Leitbilder des Verbundvorhabens BASYS.

Dies bedingt den Einsatz angepasster, intelligenter Systeme, wie z.B. den entwickelten Medien- mit dazugehörigem revisionierbarem Sockel-/Deckenkanal (siehe 4.2.2.1/4.2.2.2). Um den Wohnwert und die Qualität der Technik zu erhöhen sollen Komponenten entwickelt werden, die sich den verändernden Lebensbedingungen und Nutzungen der Bewohner flexibel anpassen und die auf den bisher entwickelten Systemen aufbauen (s.o.).

Mobile, umnutzbare Haustechnik-Komponenten stellen eine Schlüsseltechnologie für angepasste, „mitwachsenden bzw. lebende“ Grundrisse dar.

Beispielsweise sollen, von technischen Laien (den Nutzern) speziell entwickelte umsetzbare Heizflächen selbsttätig versetzt werden können. Eine Wandheizplatte soll wie ein Bild an der Wand versetzt werden können. Hierfür ist die Entwicklung beidseitig dichtender Steck-Kupplungen erforderlich, die es den Nutzern ohne großen technischen Aufwand erlauben, die Heizfläche von einer „Andockstation“ im Deckenkanal an die nächste, gewünschte anzukuppeln.

Versetzbare Wände mit integrierten Haustechnik-Funktionen und mobile Küchenblock-Einheiten sind weitere Beispiele für hochflexible Gebäudeelemente die entwickelt werden sollen.

## 5.2.5 Haustechnik-Gesamt-Module für den Wohnbereich

Um optimierte Grundrisse in verdichteten Wohnbauten optimal mit Wärme, Elektrizität, frischer Luft und Wasser versorgen zu können, sind kompakte, intelligente Verteilsysteme und Komponenten erforderlich.

V.a. im Bereich der Wärmeerzeugung im Wohnbereich lassen sich Synergieeffekte nutzen, kurze Leitungswege und Wärmeverluste die den Wohnbereichen zugute kommen sind zwei wichtige Punkte.

Erste Ansätze für derartige Lösungen befinden sich bereits am Markt. Z.B. besteht ein expandierender Markt für Holzpellet-Raumgeräte die im Wohn-/Essbereich aufgestellt werden.

Diese Komponenten sollen zukünftig, z.B. noch mit Lüftungs- und Warmwassermodule in hochwertiger optischer und funktionaler Ausstattung, kombiniert werden. Dann sind weitere Freiheitsgrade bei der Grundriss-Ausbildung bzw. –Nutzung zu erzielen.

Es existieren auch Kompakt-Lüftungsmodule die mit Wärmerückgewinnung und Wärmepumpe ausgestattet sind, und somit Lüftung, (Luft-) Heizung und Brauchwasser-Erwärmung in einem Aggregat kombinieren. Derartige Kombinationen, jedoch in Verbindung mit regenerativen Energien und mit der Möglichkeit des Anschlusses von wassergeführten Niedertemperatur-Heizflächen sollen entwickelt werden.

## 5.2.6 Evaluation des Wohnwertewandels

Dass sich in unserem hochentwickelten, mitteleuropäischen Kulturkreis ein Wohnwertewandel vollzieht ist evident.

Individualität, Flexibilität und Behaglichkeit gewinnen zunehmend an Bedeutung und sind häufig mit herkömmlichen, klassischen Installationen und Grundrissen kaum zu befriedigen.

In einer wissenschaftlichen Untersuchung soll geprüft werden welche Anforderungen heutige Nutzer an ihr Gebäude mit der integrierten Haustechnik stellen.

Daraus müssen entsprechende Vorgehensweisen bei Entwicklung und Fertigung der Gebäude abgeleitet werden.

Architektur, Fertigung und Haustechnik stellen eine Einheit dar, die es gilt im Hinblick auf die schon eingetretenen bzw. noch zu erwartenden Veränderungen zu optimieren.

## 5.2.7 Handwerksgerechte CAD-Lösungen

Um das Gesamtsystem Gebäude nachhaltigkeits-optimiert zu gestalten, ist auch die Optimierung der Teilsysteme in diese Richtung erforderlich. Der Handwerker der Zukunft sollte sich nach wie vor durch sein „handwerklich-praktisches Können“ auszeichnen.

Er sollte Kundenwünsche in industriell herstellbare Systemkomponenten „übersetzen“ können und zusätzlich Praxiserfahrungen in die industrielle Fertigung rückkoppeln (siehe 4.3).

Es müssen CAD- und Informations-Systeme entwickelt werden die nicht zusätzlich arbeits-teilige Strukturen im Handwerk implementieren. Das bedeutet, die CAD-Funktionen müssen soweit vereinfacht werden, dass zum Beispiel die Positionierung einer Armatur in ein Fliesen-Raster per „Drag-and-Drop“ möglich ist.

Die Armatur oder Anschlussdose wird mit den für die Brettstapel-Integration wichtigen Informationen des dreidimensionalen, komplexen Volumenmodells für die Ansteuerung der CNC-Maschinen ergänzt. Dieses komplexe Zusammenspiel der Informationen darf den Handwerker der Zukunft nicht daran hindern die Armatur oder Anschlussdose am Bildschirm in einer Zeichnung zu positionieren.

Die Komplexität muss zielgruppen-spezifisch „heruntergebrochen“ und aufbereitet werden, da ansonsten der Handwerker diese Systeme nicht mehr bedienen kann und soll.

Auf diese Situation wurde bereits vor über 10 Jahren aufmerksam gemacht [15], seither haben sich die Randbedingungen jedoch eher noch verschärft.

## 5.2.8 Wasser-autarkes Gebäude bzw. Wohngebiet

Ressourcen-Schonung ist eines der BASYS-Hauptziele. Im Bereich der Wasserversorgung von Gebäuden oder Siedlungen sind hier noch enorme Entwicklungspotentiale vorhanden.

Untersucht werden muss der umsetzungsfähige Einsatz von Gesamt-Konzepten der Wassersubstitution und Einsparung bzw. Kaskaden-Nutzungen (Urin-Separierungs-Toiletten, Energiegewinnung aus Schwarzwasser, Ökologische Abwasserbehandlung (Sedimentation, Tauchtropfkörperanlage) mit lokaler Nährstoffrückgewinnung und Nutzung in Aqua-Kultur-Bereichen (Fischteich-Treibhaus-Verbund mit Nutzpflanzen und –tieren), Grauwasser-Aufbereitung, Mikrofiltration, Regenwasser größtenteils direkt in den natürlichen Wasserkreislauf rückführen (Versickerungsmulden, Straßenrigolen)).

## 6 Ergebniskontrollbericht

### 6.1 Förderpolitische Ziele des Förderprogramms und eigene Ergebnisse

Das Förderprogramm des BMBF „Bauen und Wohnen im 21. Jahrhundert“ sieht Forschungsbedarf auf vier Ebenen:

- Soziales: Befunde und Ziele
- Ökologie: Ressourcenschonung als Herausforderung
- Ökonomie: Kosten senken, Märkte sichern
- Kulturelle Dimensionen: Planung und lokale Identität

Im Bereich „Ökologie“ sollen Strategien zur Verringerung des Flächen- und Stoffverbrauchs erarbeitet werden. Dieser Aspekt soll – unter anderem - in fünf Förderschwerpunkten bearbeitet werden. Der Förderschwerpunkt „Bauforschung- und Bautechnik“ verfolgt das Ziel, die Bauwirtschaft dabei zu unterstützen, ihre Existenz durch Forschung und Innovation im kostengünstigen Wohnungsbau sowie in Instandsetzung und Modernisierung zu sichern sowie zukunftssichere, qualifizierte Arbeitsplätze zu schaffen.

Das Verbundprojekt „BASYS“ wurde gefördert, da

- Informations- und Kommunikationssysteme zur Integration von Planung- und Ausführung mit der gemeinsamen Internetplattform und dem virtuellen Büro entwickelt und eingesetzt wurden;
- Vorfertigung als zukunftssträchtiger Innovationspfad bei der Bauwerkserstellung mit der Brettstapeltechnologie weiterentwickelt wurde;
- teilautomatisierte Bauverfahren und –techniken mit der CAD-CNC-Kette angewendet wurden und durch die Integration der Haustechnikinstallation in das Herstellungsverfahren die Baustellenzeit weiter verkürzt werden kann;
- durch den Einsatz der elementbasierten Programme Validierungen der Planung unter dem Aspekt Ökonomie und Ökologie projektbegleitend möglich sind.

Das Teilvorhaben hat sich vor allem mit den Aspekten lebenszyklus-optimierter Haustechnik und Haustechnikverteilssystemen sowie den korrespondierenden Wohnbautypen, brettstapelgerechte Installationen, handwerksgerechtes Reverse Engineering und digitalisierten, interaktiven, objektspezifischen Nutzeranleitungen auseinandergesetzt.

## 6.2 Wissenschaftlich-technisches Ergebnis, Nebenergebnisse und gesammelte Erfahrungen

Das Teilvorhaben „Parametrische Haustechniksysteme für alle Medien, Integration CAD-Modell, Koordination, Montageerprobung“ erbrachte den Nachweis, daß Gebäude, die nach den Aspekten lebenszyklus-optimierter Haustechnik, brettstapelgerechte Installationen und handwerksgerechtem Reverse Engineering entwickelt und gebaut werden eine signifikant hochwertigere Lösung im Gegensatz zu konventionell geplanten und erstellten Gebäuden erbringen.

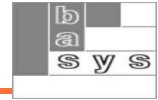
Für die ausgewählten Haustechnik-Komponenten wurden optimierte Verteilsysteme und Wohnbautypen mit zentralem Installationsschacht und Verteilung in einer abgehängten Decke im Flurbereich, unter besonderer Berücksichtigung der Holz-Brettstapel-Bauweise erarbeitet. Diese Anforderungen führten zur Entwicklung brettstapel-gerechter Installationen wie z.B. Medien- und Decken-/Sockelkanal, brettstapel-integrierter Wandheizflächen oder vollflächig gekapselte und austauschbare Rohr-in-Rohr-Systeme.

Lebenszyklusoptimierung, Nachrüstbarkeit, Flexibilität und Rückbau wurden dabei mit den besonderen Anforderungen der brettstapel-gerechten Fertigungsweise vereinigt.

Von herausragender Bedeutung ist die durchgängige Beachtung eines handwerks-gerechten Reverse Engineering. Der Lebenszyklus des Komplexsystems „Gebäude“ mit der integrierten Haustechnik wurde mit Beginn der ersten Planungen in den Fokus genommen. Dies bedeutet, dass Planung, Installation, Betrieb, Wartung, Nachrüstung, Umnutzung und Rückbau der Komponenten von Anfang an die Entscheidungen über Architektur, Grundriss, Energiekonzept, Verteilsystematik und Verknüpfung zu stadttechnischen Verbundlösungen bestimmen. Diese Vorgehensweise führt zu lebenszyklus-optimierten Investitionen und ergibt neuartige Lösungen im Vergleich zur bisher üblichen, bloßen Beachtung der Herstellung, maximal noch der Wartung.

Die prototypische Fertigung von Modellbauteilen auf einem CNC-Bearbeitungszentrum erbrachte den Nachweis der möglichen durchgängigen CAD-CAM-Kette mit Integration der Haustechnik.

Es wurde festgestellt, dass Fräskonturen sehr exakt, in Sichtqualität herstellbar sind. Dies eröffnet neue Integrations- und Design-Lösungen. Somit ist auch die weitere Forderung



„Befestigung durch Fräsung“ ohne weitere Hilfsmittel alleine durch die Fräskontur selbst möglich.

Die Integration der Haustechnik soll um Zeit und Kosten zu reduzieren ohne Wendevorgänge der Brettstapel-Elemente auskommen. Die Bearbeitung bzw. Integration der Haustechnik von nur einer Seite war eine wesentliche Planungs-vorgabe, deren Umsetzung sich in mehreren Praxistests im Fertigungsprozess bewährt hat.

Die durchgängige Nachhaltigkeits-Optimierung führte zur prototypischen Entwicklung einer digitalisierten, interaktiven, objektspezifischen Nutzeranleitung, deren primäre Aufgabe dadurch erfüllt wird, dass sie zukünftig als Bauprodukt-/Systembestandteil des Gebäudes den Kundennutzen erhöht und gleichzeitig Kundenzufriedenheit erzeugt. Darin werden dem Nutzer/Betreiber individuelle Hilfestellungen angeboten, wie bestimmte Bauteile inspiziert, gepflegt, gereinigt oder auch gewartet werden, damit Bauschäden infolge unterlassener Instandhaltung, unsachgemäßer Nutzung frühzeitig erkannt bzw. vermieden werden.

Die Brettstapeltechnologie mit integrierter Haustechnik hat sich als ressourcensparende und umweltentlastende Bautechnik erwiesen.

## **6.3 Fortschreibung des Verwertungsergebnisses**

### **6.3.1 Erfindungen und Schutzrechte**

Die Firma S&H Solar-Energiekonzepte GmbH hat keine Erfindungen und Schutzrechte angemeldet.

Uns im Rahmen des Verbundvorhabens tangierende Erfindungen bzw. Schutzrechte sind uns momentan nicht bekannt.

### **6.3.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten mit Zeithorizont und wirtschaftlich-funktionale Vorteile im Betrieb**

Die Vorfertigung brettstapelgerechter Haustechnik bzw. deren Integration in die Produktherstellung im Werk erbringt enorme Potentiale. Eine angepasste Verteil-Systematik und eine entsprechende Montagetechnik stellen hierfür die Schlüsselverfahren bzw. – Technologie dar. Ziel ist die unterschiedlichen nacheinander folgenden Gewerke in ein Bauteil zu integrieren.





Innerhalb der nächsten 1-2 Jahren könnte hier mit entsprechender Arbeitsleistung ein marktgängiges bzw. vermarktbares System entwickelt werden.

Der Know-How-Zuwachs für die S&H Solar-Energiekonzepte GmbH wird aller Voraussicht nach zu Folgeaufträgen bei Entwicklung, Planung und Installation/Montage führen.

### **6.3.3 Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende**

Neben der oben beschriebenen integrierten, brettstapelgerechten Haustechnik wurden auf Messen und Kongressen und in Fachartikeln auch die Aspekte des Reverse Engineering sowie die entwickelten digitalisierten Gebäude- und QS-Dokumentationen vorgestellt. Bei allen angesprochenen Themen werden große wissenschaftliche und technische Erfolgsaussichten nach Projektende gesehen.

Dies begründet sich auf Diskussionen mit Vertretern aus Wirtschaft und Wissenschaft, denen während der Projektlaufzeit Teilergebnisse präsentiert wurden.

### **6.3.4 Wissenschaftlich und/oder wirtschaftliche Anschlußfähigkeit für eine nächste Phase in der Umsetzung der F&E-Ergebnisse**

Der Brettstapelelementkatalog, die Vorteile der CAD-CNC-Produktion von Brettstapelelementen mit integrierter Haustechnik und die vollständige Dokumentation des Gebäudes mit Wartungsanleitung ist dem Brettstapelverband mit Sitz in Stuttgart in Auszügen vorgestellt worden.

Nach Abschluß der Forschungsarbeit soll eine Gesamt-Dokumentation des Projektes dem Verband auf CD-ROM zur Verfügung gestellt werden. Die Verbundpartner wollen die im Verband zusammengeschlossenen Firmen von den im Projekt bearbeiteten Aspekten informieren und von den wirtschaftlichen Vorteilen überzeugen:

- Höherer Vorfertigungsgrad
- Integrierte Haustechnik
- Lebenszyklusbezogene Gebäudebilanzierung
- Gebäudedokumentation
- Wartungsanleitung

---

## 6.4 Arbeiten, die keine Lösung gefunden haben

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden alle Aspekte des Teilvorhabens bearbeitet und mit dokumentierbaren Ergebnissen abgeschlossen.

## 6.5 Präsentationsmöglichkeiten für Nutzer, Messen, CD-ROM, Internet

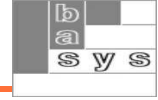
Eine Präsentations-CD-ROM des Gesamtprojektes wurde von den Verbundpartnern gemeinsam erstellt. Die Ergebnisse werden ausserdem auf der Internetseite des Projektes „Basysnetz.de“ veröffentlicht.

## 6.6 Einhaltung von Kosten und Zeitplan

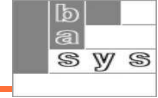
Das Verbundvorhaben BASYS und das Teilvorhaben „Parametrische Haustechniksysteme für alle Medien, Integration CAD-Modell, Koordination, Montageerprobung“ wurde im Rahmen des eingereichten Kosten- und Zeitplanes fertiggestellt.

## Quellenverzeichnis

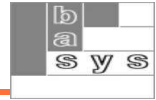
- [1] S. Hoppe, U. Krass, R. Krebs, A. Peifer, H. Schmidt, G. Schwab, F. Thomann: Wege und Lösungen zur wirtschaftlichen Umsetzung der Kreislaufwirtschaft in Unternehmen – Produktgruppe Heizungsanlagen und Sonnenkollektoren, Abschlussbericht des Verbundprojektes Heizkreis, Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2000
- [2] B. Schwarz, M. Pütz, R. Porschitz: Entwicklung neuer Konzepte der technischen Gebäudeausrüstung für den Holzhausbau, Abschlussbericht, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Berlin über Deutsche Gesellschaft für Holzforschung DGfH, Rosenheim, 1999
- [3] B. Schwarz, T. Thode: Anforderungskatalog an intelligente Heizsysteme für Gebäude aus Holz, Abschlussbericht, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Fraunhofer IRB Verlag, 2002
- [4] VDEW: Der Mehrspartenhausanschluss – mehr als nur ein neuer Hausanschluss, Materialien zur EVU-Betriebspraxis-Fachtagung, VDEW, Dortmund, 2001
- [5] Fa. Geyer: Quadro Hausanschluss-Schrank, Produktunterlagen, Nürnberg, 2002
- [6] Fa. Lackenbauer Passivhaustechnik Modulbau GmbH: Bausteinlösung für Energiesparteknik, Produktunterlagen, Traunstein, 2001
- [7] Fa. Schüco: Gesamtkatalog 2001 Solar-Systeme, Solarthermie/Photovoltaik, Bielefeld, 2001
- [8] J. Arlt: Hausakte – für Neubau von Einfamilienhäusern, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Berlin, Selbstverlag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung, 2002



- [9] R. Pfluger, J. Otte: Nutzerhandbuch für den Geschosswohnungsbau in Passivhaus-Standard, Teil A bis C, Forschungsbericht, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, veröffentlicht auf der Homepage des Passivhaus-Institutes, Darmstadt
- [10] Tauchkörperanlage Berlin, Grau- und Regenwasser, Fachartikel, Seite 32 ff in Sanitär+Heizungstechnik 8/2002
- [11] G. Löhnert: Der Integrale Planungsprozess, Teil 3, Fachartikel in EnergieEffizientesBauen 3/2002
- [12] F. Schelling: Umsetzungshilfe Niedrigenergie-Bauweise am Beispiel der Modell-Niedrigenergie-Siedlung Sonnenrech in Geisenheim, Diplomarbeit FH Rheinland-Pfalz, Abteilung Bingen, für das Energie-Beratungs-Zentrum Rheingau-Taunus e.V. in Rüdesheim, 1996
- [13] P. Meyer, M. Schudel: Installationskonzept und Installationskoordination am Beispiel der Universität Zürich-Irchel, Separatdruck aus SIA-Dokumentation 50, Handbuch der modernen Installationstechnik, 1981
- [14] H. Hediger: Fachkoordination in der Haustechnik, Impulsprogramm Haustechnik des Bundesamtes für Konjunkturfragen, Bern, 1986
- [15] W. Arndt, G. Ehinger, H. Paulsen, S. Suter, P. Thomas: CAD im Installationshandwerk, System Consult Gesellschaft für Datenverarbeitung und Produktionstechnik mbH, Berlin, Projektbericht, Bundesministerium für Forschung und Technologie, Wirtschaftsverlag NW, 1991
- [16] R. Olbrich: PVC – Anwendungen, Probleme, Alternativen, Arbeitsgemeinschaft ökologischer Gewerbebau, Kiel, herausgegeben vom Ministerium für Frauen, Jugend, Wohnungs- und Städtebau des Landes Schleswig-Holstein, 1999
- [17] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Leitfaden Nachhaltiges Bauen, 2001



- [18] F. Prochiner: Montage und Demontage im Holzbau mittels Schnellverschlüssen, Munitec und TU München, Lehrstuhl für Baurealisierung und Bauinformatik, München, im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projektes, aktuelle Version der Homepage 2002, [www.bri.arch.tu-muenchen.de/munitec/Texte](http://www.bri.arch.tu-muenchen.de/munitec/Texte)
- [19] F. Schmidt-Bleek, T. Kào, W. Huncke: Das Wuppertal Haus, Bauen und Wohnen nach dem Mips-Konzept, Birkäuser Verlag, 1999
- [20] Tagungsband Passiv-Haus 2001, Böblingen, Erneuerbare Energien Kommunikations- und Informationsservice GmbH, 2001
- [21] Tagungsband, 4. Passivhaus-Tagung 2000, Kassel, Passivhaus-Institut Dr. W. Feist, Kassel, 2000
- [22] Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser: Lüftung im Passivhaus, Protokollband Nr. 4, Passivhaus-Institut Dr. W. Feist, Darmstadt 1998



# S&H Solar-Energiekonzepte GmbH

Hechingen

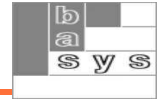
**Verbundvorhaben:** Lebenszyklusoptimierte  
Systemlösung für verdichteten Wohnungsbau  
mit Massivholztechnologie (BASYS)

**Teilvorhaben:** Parametrische Haus-  
techniksysteme für alle Medien, Integration  
CAD-Modell, Koordination, Montageerprobung

Anlagenband über ein Forschungsprojekt  
gefördert unter dem Az: 19 W 0032D vom  
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Von Dipl.-Ing. FH Frank Schelling  
und Dipl.-Ing. FH Roland Huber

Hechingen, August 2002



---

## Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Anlage 1: Bewertung Luftheizung contra Heizflächen           | 3  |
| Anlage 2: Digitalisierte Nutzeranleitung, Beispielseiten     | 9  |
| Anlage 3: Massivholzelemente mit integrierten Installationen | 13 |
| Anlage 4: Checklisten Gewerke - Fachkoordination             | 18 |
| Anlage 5: BASYS-Projektbesprechung, 2./3. August 2001        | 27 |
| Anlage 6: BASYS-Projektbesprechung, 22./23. August 2002      | 36 |
| Anlage 7: Ausführungbeispiele im BASYS-Kontext               | 43 |

## Anlage 1: Bewertung Luftheizung contra Heizflächen

### Allgemeines

In erster Linie soll dieser Bericht die Unterschiede bzw. die unterschiedlichen Anforderungen der beiden gänzlich unterschiedlichen Systeme zur Raumtemperaturerhöhung darlegen. Aspekte hierbei orientieren sich hauptsächlich am energetisch / ökologischem Bereich, sowie der Ökonomie. Es sollen möglichst deutliche Aussagen zur Auswahl des jeweiligen Systems gemacht werden.

In diesem Zug soll auch die Rentabilität einer kompletten Lüftungsanlage inkl. Wärmehückgewinnung und Zulufterwärmung für den Wärmestandard des „BASYS-Gebäudes“ erörtert werden.

### Wasser oder Luft als Wärmeträger ? - Wärmeverteilung und Wärmeabgabe -

Bestmögliche Wärmedämmung und möglichst geringer Wärmeleistungsbedarf haben für die Wärmeverteilung und Wärmeabgabe an die Räume mehrere Vorteile:

Im Vergleich zu „konventionellen“ Gebäuden, also Gebäude, deren Wärmestandard nicht den Niedrigenergiestandard erreichen, sind wesentlich geringere Temperaturen des Heizmediums ausreichend. Aus diesem Grund kann es zu einer langsamen Wärmeabgabe von Flächenheizungen (Wand oder Boden) und /oder über Niedertemperatur Heizkörper kommen. Ist der Mensch von wärmenden Flächen umgeben, fühlt er sich wohl (hohe Behaglichkeit), sogar dann, wenn die Raumtemperatur unter den normal vorherrschenden 20 °C liegt. Der Vorteil hierbei ist, dass bei niedrigen Raumtemperaturen die Wärmeverluste ebenfalls geringer sind.

Die Mengen und die Strömungsgeschwindigkeiten des umzuwälzenden Wärmeträgers sind gering. Somit ist für den Antrieb der Umwälzung nur wenig Leistung bzw. Hilfsenergie aufzubringen.

Aufgrund hochwertiger Wärmedämmung und Fenster, sind die Oberflächentemperaturen auf der Innenseite der Außenwände deutlich höher, als bei konventionellen Gebäuden. Diesbezüglich müssen eventuell eingesetzte Heizkörper auch nicht mehr zwingend an den Fensterbrüstungen angebracht werden. Somit ergibt sich eine höhere Flexibilität bei Grundrißgestaltung und Inneneinrichtung.

Sofern Grundrißgestaltung und Inneneinrichtung jedoch problemlos die Anbringung von Heizflächen unter oder neben Fenstern/Türen zulassen ist dieser Anordnung der Vorrang einzuräumen, da auch die derzeit besten am Markt befindlichen Fenster eine niedrigere raumseitige Oberflächentemperatur haben als die sehr gut gedämmten Wände und Decken. Im Vergleich zu konventionellen Gebäuden ist die Auskühlzeit eines BASYS-Hauses lang. Das heißt also, dass die erreichte Raumtemperatur bei Unterbrechung der Wärmezufuhr nur sehr langsam absinkt. Ist kein Bedarf vorhanden, kann die Heizung somit komplett abgestellt werden.



## Luft als Wärmeträger:

Luft ist ein vergleichsweise schlechter Wärmeträger. Um bei vorgegebener Temperatur eine bestimmte Wärmemenge zu transportieren, braucht man ungefähr das 3.500-fache Volumen gegenüber Wasser. Aus diesem Grund werden die meisten Heizungssysteme auch mit Wasser als Wärmeträger betrieben (Ausnahme: Passivhaus).

Der geringere Wärmebedarf (ab dem Wärmestandard eines Niedrigst-Energie-Haus) macht es allerdings möglich, Luft als Wärmeträger einzusetzen.

## Notwendigkeit der kontrollierten Wohnungslüftung

Frischlufte ist eine der wichtigsten Grundlagen für Wohlbefinden und hygienische Raumverhältnisse.

Oftmals ging man in konventionellen Bauten davon aus, dass die „natürliche Lüftung“ durch Fugen und Ritzen ausreichen würde, um den nötigen Frischluftbedarf zu decken und somit einen ausreichenden Luftaustausch zu erreichen. Allerdings muss man berücksichtigen, dass die natürlichen Antriebskräfte sehr stark schwanken. In einem undichten Haus kommt es z.B. bei starkem Wind schnell zu Zugscheinungen, bei Windstille ist der Luftaustausch oft unzureichend. Dazu kommt noch, dass die Durchströmungsrichtung oft ungünstig war, so kam es oft zum Durchströmen von bereits belasteter Luft (z.B. WC, Küche) durch die Wohnung.

Fugenlüftung, aber auch Fensterlüftung, ist daher als eine Art Zufallslüftung zu betrachten und kommt somit für ein „BASYS-Gebäude“ nicht in Frage.

Als Hauptbeurteilungsmerkmal für gute Luft ist der CO<sub>2</sub> – Gehalt ausschlaggebend.

So wird z.B. Luft mit einem CO<sub>2</sub> – Gehalt von ca. 0,1% als gut bewertet.

In unseren Wohnungen heutzutage ist vor allem der Mensch selbst die größte CO<sub>2</sub> – Quelle. Aus diesem Grund sind pro Person und pro Stunde etwa 25 bis 30m<sup>3</sup> Frischluft nötig, um eine hohe Qualität der Luft zu erreichen (sofern „Clean-Construction-Kriterien eingehalten werden, z.B. keine Schadstoff- und Geruchsausgasungen von Baukörper und Inneneinrichtung).

Somit benötigt man in Wohnungen für etwa 3-5 Personen Frischluftvolumenströme von ca. 90-150 m<sup>3</sup>/h. Diese Volumenströme stimmen auch gut mit den Abluftströmen aus Toiletten, Bädern und Küchen überein.

Durch die ständige Durchströmung wird eine dauerhafte Entfeuchtung sichergestellt.

Eine Lüftung, die diesen Anforderungen entspricht, kann als Bedarfslüftung bezeichnet werden.

Durch eine freie Lüftung, also durch zufällige Antriebskräfte, lässt sich eine Bedarfslüftung nicht umsetzen. Die einfachste Lösung hierfür ist eine reine Abluftanlage. Dabei wird die verbrauchte Luft durch kleine Ventilatoren aus den am meisten belasteten Räumen (Bad, WC, Küche) abgesaugt werden. Bei einer ausreichenden Dichte der Gebäudehülle kann dann durch Außenluftdurchlässe in der Wand (Schlaf-, Wohn- und Esszimmer) Frischluft nachströmen. Auf Grund raumklimatischer Gründe müssen diese Außenwanddurchlässe möglichst hoch und oberhalb eventuell vorhandener Zusatzheizflächen angebracht sein.

Dieses Lüftungssystem (ohne Wärmerückgewinnung und Zulufterwärmung) ist relativ kostengünstig, effizient und vergleichsweise einfach.

Für den Wärmestandard eines Niedrigenergiehauses ist der bestehende Lüftungswärmeverlust noch akzeptabel, nicht aber für den Wärmestandard eines Passivhauses. Geht man von einem Frischluftvolumenstrom von 120 m<sup>3</sup>/h aus (wäre z.B. angebracht bei einer 4-köpfigen Familie mit ca. 120m<sup>2</sup> Wohnfläche), würde der

Jahreslüftungswärmeverlust ca. 28 kWh pro Quadratmeter Wohnfläche betragen. Dies wäre allerdings weit mehr als der zulässige Wärmebedarf für ein Haus nach Passivwärme-standard. Daraus folgt unmittelbar, dass die eingesetzte Lüftungsanlage unbedingt mit einer sehr effizienten Wärmerückgewinnung ausgestattet sein muß.

Die Erfahrungen, die bisher mit Lüftungsanlagen in der Niedrigenergie- und Passivhaustechnik gemacht wurden, lassen folgende Empfehlungen zu:

Die Häuser müssen über eine hochwertige, luftdichte Hülle verfügen

Die Wärmerückgewinnung sollte hocheffizient sein. (Bei Passivhaustechnologien liegen die Rückwärmezahlen bei über 80%). Nur dann sind die verbleibenden Wärmeverluste gering genug.

Der Stromverbrauch für das Lüftungsgerät selbst sollte möglichst gering gehalten werden (Ventilatoren, Regelung, Steuerung). Ein Richtwert wären etwa 0,35 W Gesamtleistung pro gefördertem Kubikmeter Luftvolumen pro Stunde.

Die Integration der Anlage in das Gebäude selbst muß gut geplant werden. Günstig hierbei sind vor allem kurze und unverzweigte Führungen der Lüftungskanäle. Zur Verwendung sind hier glattwandige, hygienisch einwandfreie und luftdichte Rohr- bzw. Kanalelemente geeignet.

Wichtig: Die Lüftungsanlage dient an erster Stelle der Lufthygiene. Aus diesem Grund ist allgemein auf eine lufthygienisch einwandfreie Luftführung zu achten. Umluftbetrieb sollte möglichst vermieden werden. Jegliche Form einer zusätzlichen Luftbehandlung (z.B. Kühlung, Befeuchtung) birgt eventuelle Risiken, die bei Wohnungslüftungsanlagen nicht eingegangen werden müssen und hat einen höheren Primär-Energie-Einsatz zur Folge. Zum Filtern der Frischluft ist ein Feinfilter direkt nach der Ansaugöffnung notwendig.

Ggfs. ergreifen von Maßnahmen zur Luftionisation

## **Vor- und Nachteile einer kontrollierten Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung**

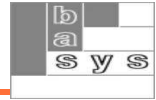
### **Gesundheit**

#### Vorteile:

Deutliche Reduktion der Schadstoffkonzentration in der Raumluft  
Abführung verbrauchter und feuchter Luft  
Verhinderung von Schimmelpilzen  
Frischluft zum Schlafen ohne offene Fenster  
Schallschutz gegen aussen  
Gefilterte Außenluft => Schutz für Allergiker

#### Nachteile:

Mögliche Veränderung der Luftionisation



## **Behaglichkeit**

### Vorteile:

Feuchtigkeitskontrolle im Innenraum  
Temperatenausgleich im Raum  
Keine Auskühlung durch vergessene offene Fenster  
Keine Zugluft beim Lüften  
Luftwechsel auch bei Abwesenheit (Ferien)

### Nachteile:

Ventilatorgeräusche bei ungenügender Ausführung  
Mehr Technik im Haus

## **Energie**

### Vorteile:

Reduktion des Brennstoffverbrauchs und der Umweltbelastung

### Nachteile:

Zunahme des Elektrizitätsverbrauches

## **Wirtschaftlichkeit**

### Vorteile:

Reduktion der Energiekosten  
Kleinere Heizungsanlage dank reduziertem Wärmebedarf  
Vermeidung von Bauschäden durch Feuchtigkeit  
Sicherheit durch permanent geschlossene Fenster  
Wohnwertsteigerung durch Schallschutz und gute Raumluft

### Nachteile:

Raumbedarf für Anlage und Kanäle  
Aufwand für Reinigung und Wartung  
Kosten für Installation und Betrieb

## Gegenüberstellung: Luftgeführte Heizung - wassergeführte Heizung

|               | Wassergeführte Heizung                                  | Luftgeführte Heizung   |
|---------------|---|--|
| Umsetzung     | Einfach, da direkt mit Warmwasserbereitung kombinierbar | Etwas aufwendiger, direkte Verbindung mit Lüftungsanlage möglich                 |
| Regelbarkeit  | Gut, auch in Übergangszeit                              | Träger, dadurch Komfort geringer   |
| Behaglichkeit | Je nach System sehr gut                                 | Ausreichend  |
| Kosten        | -   | Sofern Komforteinbußen in Kauf genommen werden, etwas preiswerter zu realisieren |
| Wartung       | Einfach   | Aufwendiger, v.a. Reinigung  |
| Energie       | Brennstoff u. Strom                                     | Strom, oder Brennstoff u. Strom  |
| Raumbedarf    | Niedrig   | Höher  |
| Wirkungsgrad  | Systemabhängig  | Systemabhängig   |

### Empfehlung S&H Solar-Energiekonzepte:

Da Lüftungsanlagen mit kombinierter Luftheizung i.d.R. mit einer Temperaturzone betrieben werden um die Kostenvorteile gegenüber wassergeführten System voll auszuschöpfen sind Regelbarkeit und Behaglichkeit und somit Komfort als geringer einzustufen.

Unter diesen Aspekten empfiehlt sich der Einsatz einer kontrollierten Lüftungsanlage, eventuell ausgestattet mit einer Grundtemperierung (Wasser-Luft-Heizregister) der Zuluft um in den Räumen auch ohne Einsatz von Heizflächen eine Temperatur von z.B. 16 – 17° C zu erzielen.

Bzgl. Regelbarkeit und Erreichung unterschiedlicher Temperaturzonen (z.B. Wohnen – Schlafen) sollten dann in Räumen mit höherer Wärmeanforderung Heizflächen (unter Primär-Energie-Aspekten am besten wassergeführt) zum Einsatz kommen. Der Raum- bzw. Flächenbedarf ist aufgrund der Grundtemperierung über die Zuluft sehr gering.

Nachteilig hierbei machen sich die etwas höheren Kosten je WE bemerkbar (systemabhängig ca. 1.000 bis 2.500 €)

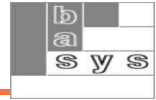
### Quellenangaben

Michelka, Manfred  
Umweltbrief Nr. 35

Stiftung Warentest  
Dr. rer. nat Hermann Kruse, Kiel

Annex IX

Umwelterkrankung Allergie / Wohnung +  
Gesundheit, Hefte 61/91, 62/92, 64/92  
"Luftverunreinigungen in Innenräumen"  
Bundesumweltministerium 1987  
test-Ausgabe 9/90  
Wohnen und Umwelt- Beiträge zum  
Umweltkolloquium der Stadt Mainz / 1988  
Mindestluftwechsel und Lüftungstechnische  
Maßnahmen für Raumluftqualität und rationelle



---

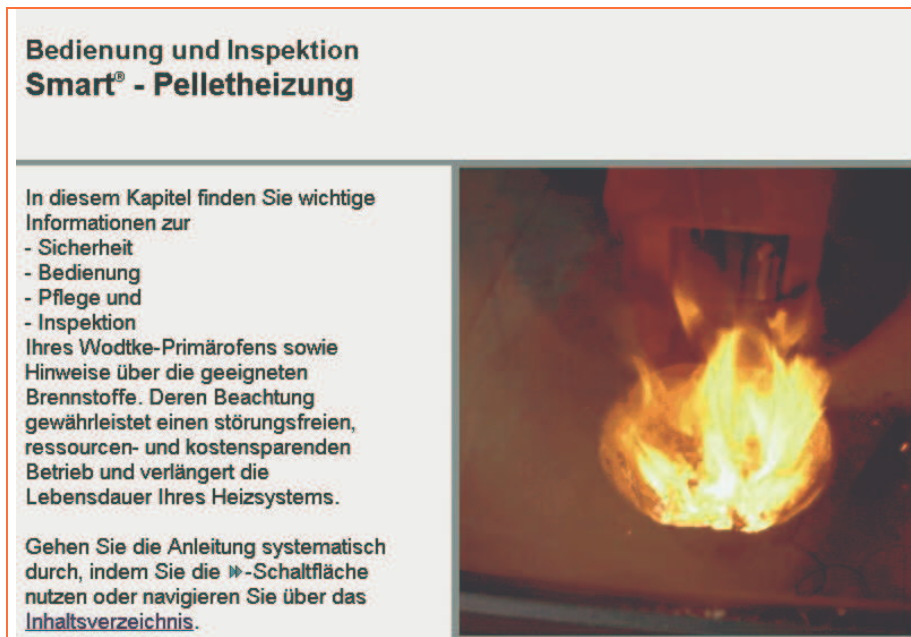
|  |   |
|--|---|
| BUND-Berichte 9  | Energienutzung / 1989 (ISBN - 3-921213-87-8)<br>Vorkommen und Wirkungen von Schadstoffen<br>in Innenräumen und Schaffung von<br>Instrumenten zur Reglementierung/1991<br>BUND NRW, 4030 Ratingen, Graf Adolf Str. 7-<br>9 |
| Umweltmedizin  | Dokumentation zur Fachtagung 1987 BUND<br>Nordrheinwestfalen  |
| Gift im Kinderzimmer                                   | BUND Baden-Württemberg / 1990 Deutscher<br>Kinderschutzbund / Umweltzentrum Stuttgart,<br>Rotebühlstr. 68/1, 7000 Stgt. 1   |
| Umweltfreundliches Bauen<br>info 1/92                  | BUND Baden-Württemberg / 1990<br>Arbeitsgemeinschaft Allergiekranke Kind<br>Hauptstraße 29, 6348 Herborn<br>Arbeitsgemeinschaft Wohnberatung e.V.<br>Heilsbachstr. 20, 5300 Bonn 1 In                                     |
| Feuchtigkeit und Schimmelbildung in<br>Wohnräumen      | Zusammenarbeit mit den<br>Verbraucherzentralen ISBN: 3-925271-37-6<br>Bundesbauministerium / 1991   |
| Energiesparbuch für das Eigenheim<br>Horst Bieberstein | Schimmelpilz in Wohnräumen - Was tun?<br>ISBN: 3-927656-00-3  |
| Eigene Erfahrungen                                     | S&H Solar-Energiekonzepte GmbH,<br>Hechingen  |

Bearbeitung:

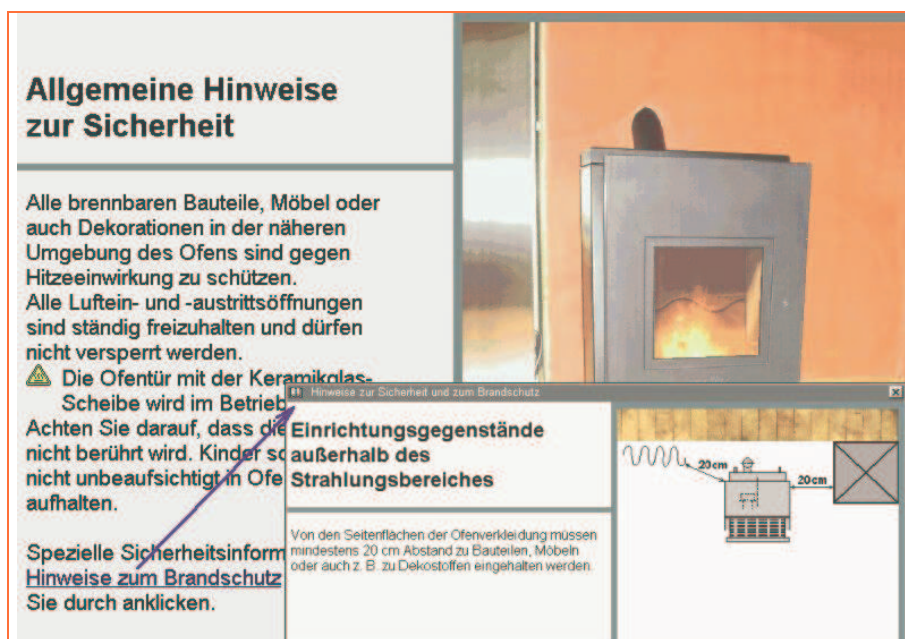
s&h solar-energiekonzepte gmbh  
Steffen Vollstädt  
Dipl.-Ing. FH Frank Schelling

## Anlage 2: Digitalisierte Nutzeranleitung, Beispielseiten

Auf den folgenden Seiten soll die Struktur der Nutzeranleitung am Beispiel der Bedienung und Inspektion der Smart® -Pelletheizung verdeutlicht werden.  
Die vollständige Nutzeranleitung befindet sich **auf beiliegender CD-ROM**.



Beispielseite Pelletheizung (1)



Beispielseite Pelletheizung (2)

Auf obiger Seite sind die wichtigsten Sicherheitshinweise, die beim ständigen Betrieb des Pelletofens immer beachtet werden müssen zusammengefasst. Sicherheitsinformationen, die nur dann von Bedeutung sind, wenn zum Beispiel Gardinen oder wie in dem PopUp-Fenster dargestellt, Möbel und Einrichtungsgegenstände in dem Strahlungsbereich des Ofens positioniert werden, sind in dem Unterkapitel "Spezielle Sicherheitsinformationen" gemeinsam mit den Hinweisen zum Brandschutz zusammengestellt.

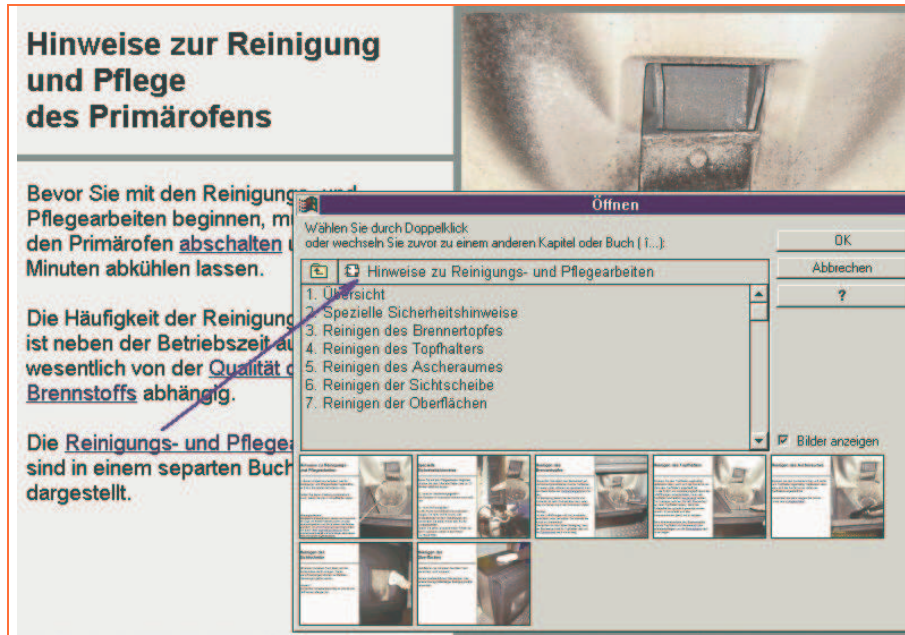


Beispielseite Pelletheizung (3)

Diese Bildschirmseite wird lediglich als Einstiegsseite zur Bedienung des Pelletofens genutzt. Sie bleibt als "Hintergrundbild" sichtbar, während die für die Bedienung wichtigen Detailinformationen im Vordergrund in PopUp - Fenstern dargestellt werden.

Für den Heizbetrieb muss zunächst kontrolliert werden, ob sich genügend Pellets im Vorratsbehälter befinden. In dem Muster-Bauvorhaben fließen die Pellets über die Schwerkraft in den rückseitigen Vorratsbehälter. Das externe Pelletlager muss daher auch von Zeit zu Zeit in die Brennstoff-Kontrolle mit einbezogen werden.

Da der Primärofen grundsätzlich auch bei Abwesenheit der Bewohner vollautomatisch gezündet bzw. betrieben wird, fallen auch keine Kontroll- oder Überwachungsaufgaben an. Dennoch muss der Nutzer die einzelnen automatisch ablaufenden Prozessschritte kennen und nachvollziehen können. Diese Informationen haben den Charakter von Hintergrundwissen und werden aus diesem Grund in einem PopUp - Fenster angezeigt.



Beispielseite Pelletheizung (4)

Generell gilt: bevor mit den Reinigungs- und Pflegearbeiten begonnen wird, muss man den Ofen ausschalten und lange genug abkühlen lassen.

In dem dargestellten Inhaltsverzeichnis des Unterkapitels wird gezeigt, auf welche Zusatzinformationen gezielt zugegriffen werden kann, um Details über die einzelne Reinigungs- und Pflegearbeiten zu erhalten.

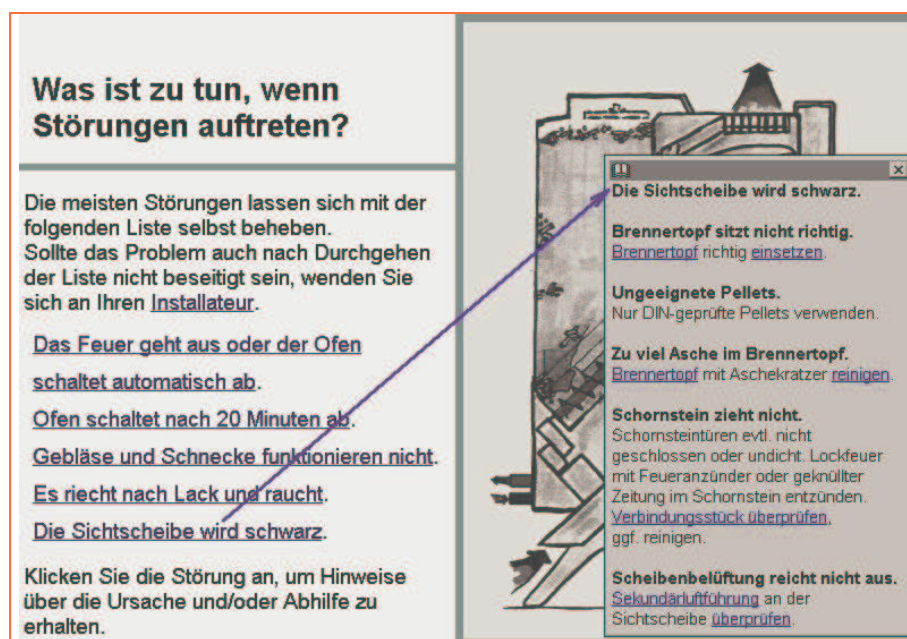


Beispielseite Pelletheizung (5)



Wie auf der vorherigen Seite beschrieben, ist die Häufigkeit der Reinigungsintervalle u. a. von der Qualität des Brennstoffes abhängig. Zusätzlich weist der Hersteller auf den Haftungsausschluss hin, falls andere als nach DIN 51 731 geprüfte Pellets eingesetzt werden.

Die Zusatzinformationen, die über den Link "Heizen mit Pellets" angeboten werden, beziehen sich zum einen auf die Grundlagen, wie die Pellets hergestellt werden und den CO<sub>2</sub> - Kreislauf; zum anderen sind in dem Kapitel aber auch Hinweise enthalten, welche lokalen Lieferanten DIN-gerechte Holzpellets liefern.



Beispielseite Pelletheizung (6)

Auch bei Störungen an dem Pelletofen erwartet der Kunde kompetente Hinweise, wie er die Ursache identifizieren und ggf. die Störung selbständig beheben kann.

Hier zeigt sich erneut ein wesentlicher Vorteil der elektronischen Dokumentation: nicht alle möglichen Störungen müssen dem Nutzer gleichzeitig präsentiert werden, sondern er ist der Akteur, der bei Anklicken einer Störung kontextbezogen die richtige Hilfestellung erhält.

Wenn die Sichtscheibe des Pelletofens schwarz wird, kann dies verschiedene Ursachen haben. Erste Hinweise auf mögliche Ursachen und wie die Störung jeweils beseitigt werden kann erhält der Nutzer in einen PopUp - Fenster. Informationen etwa, wie der richtige Sitz des Brennertopfes kontrolliert oder das Verbindungsstück zum Schornstein überprüft wird liegen als elektronische Arbeitskarten vor, so dass ein entsprechender Link auf die jeweilige Bildschirmseite, diese für den Nutzer wichtige Information weiter konkretisiert.

## Anlage 3: Massivholzelemente mit integrierten Installationen

Vorteile der Integration von Elektro-, Heizungs-, Lüftungs- und Sanitärinstallation in die Fertigung von Massivholzelementen (hier: Brett-Stapel-Elemente):

- Die erforderliche durchgängige Planungsstruktur bedingt niedrige Gesamtkosten, hohe Dauerhaftigkeit, hohe Flexibilität, langfristige Anpaßbarkeit, Behaglichkeit und sehr geringe Umweltbelastung der erstellten Gebäude.
- Die große vertikale und horizontale Planungstiefe der Haustechnik mit den Schnittstellen zur Bautechnik ermöglicht ein schnelleres, effektiveres und fehlerfreies installieren.
- Durch die vorhandene genaue Dokumentation der Lage und Art der eingebauten Produkte läßt sich in Kombination mit lösbaren Verbindungen und Verblendungen die Pflege- und Demontage der Installationen einfach planen und realisieren.
- Erst durch die exakte Dokumentation von Produktort und –art, läßt sich ein auf seinen Lebenszyklus optimiertes Gebäude auch planbar warten, erneuern und rückbauen. Somit kann die Optimierung des Gebäudes aufgrund einer ökonomischen und ökologischen Lebenszyklus-Gesamtkostenrechnung erstellt werden (anstelle der ausschließlichen Minimierung der Fertigungskosten).
- Die erforderliche und vorhandene interdisziplinäre Komplexität der Planung, Fertigung und Montage ist die Garantie für hochwertige Lösungen.

### Holz-Brettstapel-Elemente mit Installationen

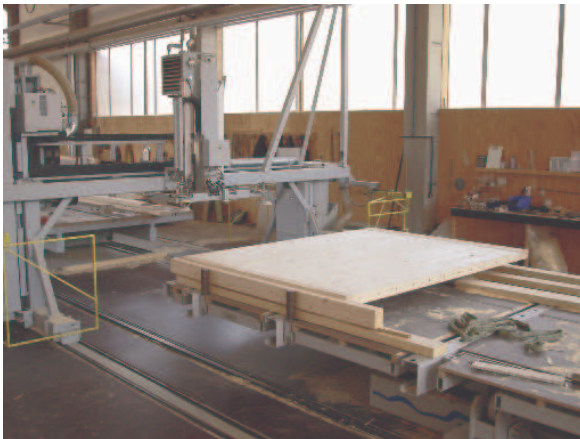
- Bildbeispiele Produktion und Montage -



Datenerfassung und Eingabe zur Übergabe an das Bearbeitungszentrum



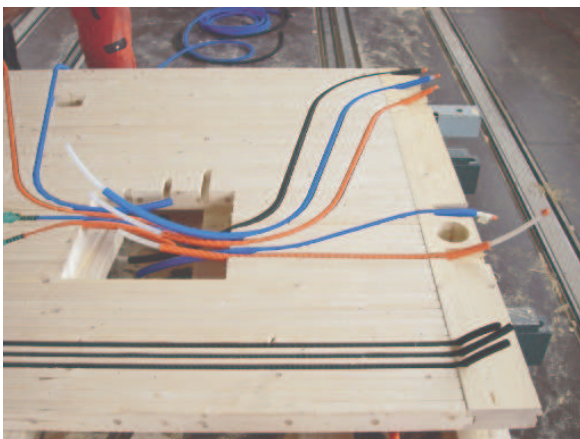
Bearbeitungszentrum mit Multifunktionsbrücke und Steuerstand



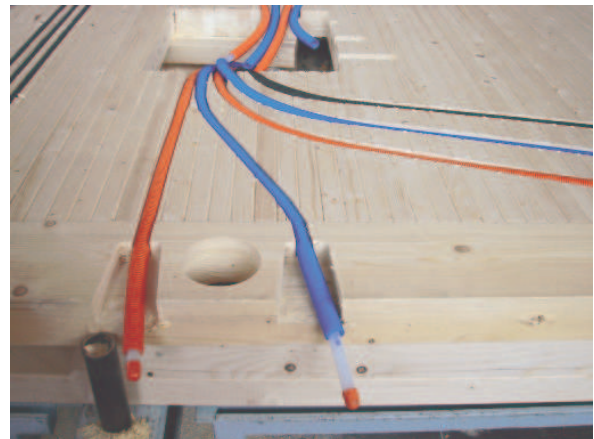
Bearbeitungstisch mit eingespanntem Holz-Brettstapel-Element



Fräsung der Leitungsquerschnitte mit Multifunktionsbrücke



Eingelegte Rohrleitungen: Betriebs-, Kalt- und Warmwasser mit Rohr-in-Rohr-System ab Verteiler (hinten) sowie Elektro (vorne)



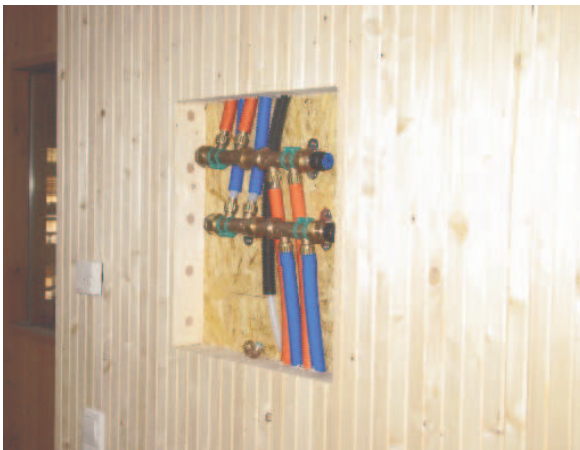
Warm- und Kaltwasser-Leitung (Rohr-in-Rohr) mit Arbeitsraum an den Übergängen zum angrenzenden Bauteil (vorne)



Die mit Installationen bestückte Seite des Elements wird mit OSB-Platten beplankt, hierin werden weitere notwendige Bohrungen und Fräsungen angebracht



Das bestückte und beplankte Wandelement wird vom Bearbeitungszentrum zur Endmontage transportiert



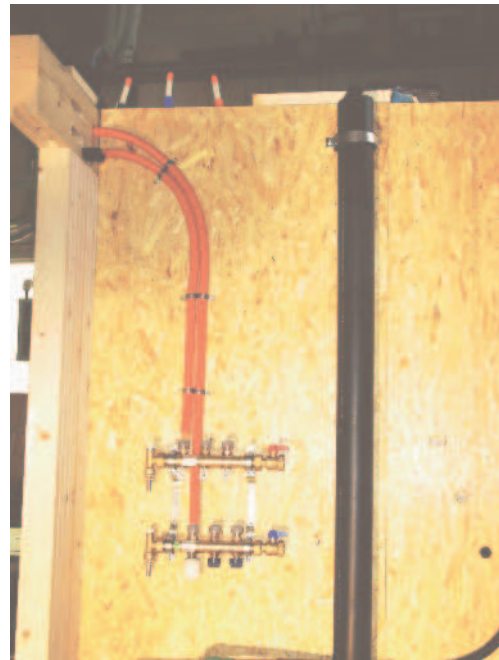
Fertigmontage des Kalt-, Warm- und Betriebswasser-Verteilers für die Ein-Zapfstellen-Versorgung mit Rohr-in-Rohr-System



Modellwand mit Deckenkanal für Vor- und Rücklauf des Wandheizelementes, Elektroleerrohre und Elektro-Verteilerdose



Rückseitig zugängliche Installationswand (unterer Bereich) mit wassersparendem WC-Kasten, Abwassersystem und Siphon



Installationswand (oberer Bereich) mit Verteiler für Wandheizfläche zur Einzelraumregelung mittels Raumthermostat, Abwassersystem



Die Wasserverteiler (Kalt-, Warm- und Betriebswasser) sind hinter einem abnehmbaren Spiegel installiert



Sichtbare Brettstapel-Wand mit Elektro-Verteilung (Raumthermostat, Schalter, Dose), Wasserverteiler hinter Spiegel, Anschlüsse für Aufputzwandarmatur und Waschbecken



Keramik-Toilette mit Spülkastenbetätigung  
über Druckluft



Gesamtansicht Modell-Element mit  
sichtbarem Brettstapel und integrierten  
Elektro-, Sanitär- und Lüftungsinstallationen

Bearbeitung:

S&H Solar-Energiekonzepte GmbH  
Dipl.-Ing. FH Frank Schelling  
Dipl.-Ing. FH Roland Huber

## Anlage 4: Checklisten Gewerke - Fachkoordination

| Lüftung/Klima         | TECHNISCHE KOORDINATION  |   |   |   |
|-----------------------|--|---|---|---|
| ANLAGEELEMENT         | HEIZUNG  | SANITÄR   | ELEKTRO   | ARCHITEKT   |
| 1. Außenluftfassung   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mögliche Wärmerückgewinnung</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Entwässerung</li> <li>Wenn FL-Fassung wetter- u. windexpo- niert, kann es vorkommen, dass Regenwasser trotz Wetterschutzgitter, eindringt, daher Ablauf im Frischluftkanal, kurz nach Frischluft- Fassung nötig</li> </ul> |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Wetterschutzgitter</li> <li>Schalldämmung</li> <li>Wärmedämmung</li> </ul> <p>Platzierung beachten, damit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Keine Wetter- schmutzstreifen an den Fassaden entstehen</li> <li>Keine Luftgeräu- sche die Umgebung stören</li> </ul>        |
| 2. Fortluftausblasung | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mögliche Wärmerückge- winnung</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ev. Entwässerung</li> <li>Mögl. Wärmerück- gewinnung</li> <li>Bei abgestellter Anlage kann es vorkommen, dass Regenwasser trotz Wetterschutzgitter, eindringt, daher Ablauf im Fortluft- Kanal</li> </ul>                  |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Geruchemissionen</li> <li>Schalldämmung</li> <li>Achtung: Kurz- schluss mit Frisch- luftfassung</li> <li>Platzierung beachten, damit: keine Schmutzstreifen durch Abluft (Küche) oder Wettereinflüsse entstehen sowie keine Gerüche od. auch Schall die Umgebung stören</li> </ul> |
| 3. Lüftungsgerät      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Heizanschluss</li> <li>Regelventil</li> </ul> <p>Schema an Lüftungsinstallateur liefern</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Befeuchtung und Ablauf</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Wenn Gerät nicht in der Nähe des Schaltschranks , dann in Elektroan- schluss Revision- schalter vorsehen</li> <li>Kabeltrasse</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Körper- und Luft- schall beachten</li> </ul>   |

|                       |  |   |   |   |
|-----------------------|--|---|---|---|
|                       |  |   | <p>wenn möglich nicht direkt auf Geräte montieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>In der Regel sind mehrere El. Anschl. Pro Gerät vorzusehen</li> <li>Nebst Ventilatormotor sind Filterdifferenzdruckschalter, Keilriemenüberwachung Fühler etc. anzuschliessen</li> </ul> |   |
| 4. Klimagerät         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Heiz-/Kälteanschluss</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Befeuchtungswasser, Abwasser</li> <li>Kondensatablauf vom Kühler; Syphonhöhe gem. Unter- od. Überdruck im Gerät</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Elektroanschluss</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Schalldämmung in Montage- bzw. Revisionsöffnungen</li> </ul>                               |
| 5. Luftbefeuchter     |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Wasser/Abflussanschluss Angaben, ob Befeuchter behandeltes oder normales Leitungswasser benötigt</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Elektroanschluss</li> </ul>  |   |
| 6. Brandschutzklappen |  |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ev. Elektroanschluss</li> <li>Signalisierung immer vorsehen, auch wenn nicht motorisiert</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Zugänglichkeit</li> <li>Vorschriftsgemässe Einmauerung</li> </ul>                          |
| 7. Kühlturm           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kühlwasseranschluss</li> </ul>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Nachspeisewasser</li> <li>Abwasseranschluss</li> <li>Abschlämmvorrichtung</li> <li>Algenschutz</li> </ul>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Frostschutzheizung</li> <li>Elektr. Antrieb</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Wasserisolation</li> <li>Schalldämmung</li> <li>Körper- und Luftschall beachten</li> </ul> |
| 8. Kältemaschine      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mögl. Wärmerückgewinnung</li> <li>Hydraulische Schaltung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mögl. Wärmerückgewinnung</li> <li>Abwasseranschluss</li> <li>Abläufe für Pumpen-</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Elektroanschluss Art des Anschlusses direkt, stern-</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Schalldämmung in Revisionsöffnungen</li> <li>Vibrationen,</li> </ul>                       |

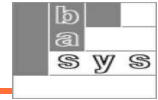


|  |  |   |   |  |
|--|--|---|---|--|
|  | genau<br>abklären  | leckwasser  | dreieck, etc.   | Köperschall,<br>Luftschall<br>beachten   |
| 9. Luftverteilkana-<br>lsysteme und Luftauslässe | <ul style="list-style-type: none"> <li>Keine Leitungen am Kanalsystem befestigen</li> <li>Ev. Nachwärmer anschlüsse</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Keine Leitungen am Kanalsystem befestigen</li> </ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Anschluss von Fühlern oder Luftauslass-reglern</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Zugänglichkeit zu Klappen, Fühlern, etc. beachten</li> </ul>                              |
| 10. Steuerung/Regelung                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kombination mit Lufttechn. Anlage</li> <li>Grunlast-heizung</li> </ul>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Druckluftanschluss</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>El. Anschluss und Anschluss von Regelapparaten</li> <li>Liefergrenze abklären</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Zugänglichkeit</li> <li>Schalldämmung</li> </ul>  |
| 11. Wärmerück-<br>gewinnung                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Abwärme von Kältekreislauf für Heizung</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Abwärme von Kältekreislauf für Wassererwärmung</li> <li>Abwasseran-schlüsse</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Elektro- und Regelsystem anschließen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Maßnahmen zur evtl. zukünftig. Platzierung von WRG-Systemen und deren Speicher</li> </ul> |
| 12. Brüstungsgeräte                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Heiz- / Kältean-schlüsse</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kondensatablauf</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Elektroanschlüs-se Kraft / Regulierung</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Platzbedarf</li> <li>Verkleidungen</li> </ul>   |
| 13. Fernkälteleitungen                           |  |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Steckdose für Lecksuchgerät</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Grabarbeiten Schächte</li> </ul>  |

| <b>Heizung</b>              | <b>TECHNISCHE KOORDINATION</b>  |   |   |   |
|-----------------------------|---|---|---|---|
| <b>ANLAGEELEMENT</b>        | <b>LÜFTUNG</b>  | <b>SANITÄR</b>  | <b>ELEKTRO</b>  | <b>ARCHITEKT</b>  |
| 1. Öl-Kessel                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frischluftzufuhr</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kondensatablauf bei Kondensationskessel</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschluss Kessel-, Brenner- und Regulierung</li> <li>• Tankfüllsicherung</li> <li>• Sicherheitsinstallatinnen für Ölumschlagplatz</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frischluft Heizraum</li> <li>• Kamin</li> <li>• Öltank, Tankraum</li> <li>• Einbringöffnung</li> <li>• Schallschutzmaßnahmen</li> <li>• Ölfeuerungs-eingabe</li> </ul> |
| 2. Gas-Kessel               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frischluftzufuhr</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kondensatablauf bei Kondensationskessel</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschluss Kessel- und Brenner-Regulierung</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schallschutz</li> <li>• Hauseinführung Gas</li> <li>• Gasreglerraum</li> <li>• Kamin, Frischluft</li> <li>• Druckentlastungsöffnung</li> </ul>                         |
| 3. Holz- / Feststoffkessel  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frischluftzufuhr</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschluss für Übersicherheit</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschluss Kessel- und Regulierung</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frisch-/Fortluft Heizraum</li> <li>• Kamin</li> <li>• Brennstoffraum</li> <li>• Schlackenbeseitig.</li> <li>• Einbringöffnung</li> </ul>                               |
| 4. Gas-Wärmepumpe           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frischluftzufuhr</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaszuleitung</li> <li>• Zufuhr Grundwasser, Seewasser</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschluss WP und Regulierung</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frisch-/Fortluft Heizraum</li> <li>• Kamin</li> <li>• Gasreglerraum</li> <li>• Druckentlastungs-Öffnung</li> <li>• Schallschutz</li> </ul>                             |
| 5. Elektro Wärmepumpe       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frischluftzufuhr</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zufuhr Grundwasser, Seewasser</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschluss WP und Regulierung</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frisch-/Fortluft Heizraum</li> <li>• Schallschutz</li> </ul>   |
| 6. Warm-/Heißwasser-Heizung | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmebedarf für Lüftung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmebedarf für Wassererwärmung</li> <li>• Speisewasseranschluss</li> <li>• Abwasseranschluss</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschluss für Kessel, Pumpen, Brenner und Regulierungen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizzentrale für Umformer, Kessel, Pumpen, Verteiler, Expansionsgefäße und Schaltschrank</li> </ul>  |

|                                     |   |  |   |   |
|-------------------------------------|---|--|---|---|
| 7. Dampfheizung                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmebedarf für Lüftung</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmebedarf für Wassererwärmer</li> <li>• Speisewasseranschluss</li> <li>• Abwasseranschluss</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschluss für Kessel, Brenner, Pumpen und Regulierungen</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizzentrale für Verteiler, Umformer, Expansionsgefäße, Pumpen und Regulierungen</li> </ul>  |
| 8. Heizkörper                       |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitungsführung mit Anschlussleitung für Heizkörper vergleichen</li> </ul>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steckdosen für Elektroheizung</li> <li>• Leitungsführung beachten</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brüstungen, Nischen</li> <li>• Farbgebung</li> <li>• Befestigungen</li> <li>• Schalldämmung</li> </ul>   |
| 9. Bodenheizung                     |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitungsführung beachten bei Planung von Abwasser- und Wasserleitungen</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Massierung von Elektro- und Heizleitungen vermeiden</li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Platzierung Abstellventilkasten</li> <li>• Konstruktion des Unterlagsboden</li> <li>• Bodenbeläge</li> <li>• Fugen bei großen Bodenflächen</li> <li>• Isolationsstärken</li> </ul> |
| 10. Luftheizung                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kanalführung</li> <li>• Standorte der Aggregate</li> <li>• Schallschutz</li> <li>• Frischluft/Fortluft</li> <li>• Wärmerückgewin.</li> </ul> |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilator und Regulierungsanschlüsse</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anordnung der Frischluft- und Fortluftkanäle</li> <li>• Schächte für Kanalführung</li> <li>• Standorte in Bezug auf Einrichtungen</li> </ul>                                       |
| 11. Expansion                       |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschluss für evtl. automatische Nachfüllung</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschluss Kompressor und Steuerung</li> </ul>  |   |
| 12. Steuerung elektr. / pneumatisch | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Koordination der Fabrikate</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Druckluftanschlüsse</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschluss ev. an zentrale Leittechnik</li> </ul>   |   |
| 13. Fernheizung                     |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachspeisvorrichtung</li> <li>• Abwasseranschluss</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschluss Lecksuchgerät</li> <li>• Steuerung / Regelung, Wärmemengenerfassung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitungsgraben</li> <li>• Raum für Übergabestation</li> </ul>  |
| 14. Wärmerückgewinnung              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Batterien</li> <li>• Frisch- und Fortluft</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmeabnahme für Wassererwärmung</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schaltschrank, Regelung</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Raumbedarf für Apparate und Speicher</li> </ul>  |

| Sanitär                                | TECHNISCHE KOORDINATION                     |                       |   | ARCHITEKT   |
|--|---|-----------------------|---|---|
|  | ANLAGEELEMENT                               | LÜFTUNG               | HEIZUNG   |   |
| 1. Tumbler                             | • Fortluft                                  |                       | • Anschluss   | • Kondensationsschacht  |
| 2. Wäscheentfeuchter                   |   |                       | • Anschluss   | • Kanalanschluss  |
| 3. Wassererwärmer elektrisch           |   |                       | • Anschluss   | • Einbringöffnung   |
| 4. Wassererwärmer Heizungswasser       |   | • Heizungsanschluss   | • Regelsystem   | • Einbringöffnung   |
| 5. Wassererwärmer Gas                  | • Verbrennungsluftersatz                    |                       | • Anschluss   | • Einbringöffnung<br>• Kamin, ev.<br>Gasreglerraum                                  |
| 6. Abwasserpumpenanlage                |   |                       | • Anschluss   | • Pumpenschacht Haken für Revision  |
| 7. Druckerhöhungsanlage                |   |                       | • Anschluss   |   |
| 8. Enthärtungsanlage                   | • Raumbelüftung<br>• Bedarf bekanntgeben    | • Bedarf bekanntgeben | • Anschluss, event. Hectronicanschlüsse für Soletank        | • Event. Soletankwanne  |
| 9. Entsalzungsanlage                   | • Frisch-/Fortluft<br>• Bedarf bekanntgeben | • Bedarf bekanntgeben | • Anschluss, Hectronicanschlüsse für Säure-/Laugentank      | • Boden und Wände mit säurebeständigem Belag<br>• Wannen für Säure- und Laugentanks |
| 10. Sprinklerzentrale                  |   |                       | • Anschluss an Feuersystem                                  | • Bodenwanne für Testlauf   |
| 11. Steuerung elektrisch / pneumatisch |   |                       | • Elektroanschluss event. Anschluss an zentrale Leittechnik |   |
| 12. Sanitärverteillatterie             |   |                       |   | • Bodenrinne<br>• Nicht in warmen Räumen<br>• Allgemein zugängliche Räume           |
| 13. Wasser- und Gaszu-                 |   |                       |   | • Grabarbeiten, Schächte  |

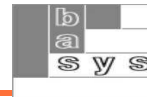


|                                    |  |  |  |   |
|------------------------------------|--|--|--|---|
| leitung                            |  |  |  |   |
| 14. Druckluft-<br>kompressoren     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ersatzluft,<br/>Kühlluft</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmerück-<br/>gewinnung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektroan-<br/>schluss</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schalldämmung</li> </ul>       |
| 15. Gasregler und Mess-<br>station | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lüftung</li> </ul>                  |  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explosionsöffnungen</li> </ul> |
| 16. Fettabscheider                 |  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektroan-<br/>schluss</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schacht</li> </ul>             |

| Elektro   | TECHNISCHE KOORDINATION   |   |  |         |  |
|---|---|---|--|---------|--|
|   | ANLAGEELEMENT   | LÜFTUNG   | HEIZUNG  | SANITÄR | ARCHITEKT  |
| I: Hochspannungsanlage (Trafo)                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Raumtemperatur maximal 40 °C</li> </ul>  |   |  |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ölauffangwanne</li> <li>Ölfester Farbanstrich</li> <li>Separater Zugang für EW</li> </ul> |
| 2. Hauptverteilung                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Zu-/Abluft</li> </ul>  |   |  |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Hohlboden</li> </ul>  |
| 3. Notstromversorgung                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Verbrennungsluft</li> <li>Raum- und Dieselkühlung</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tank für Öl</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Notkühlwasser</li> </ul>  |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Schacht für Abgasleitung</li> <li>Schalldämmung im Raum</li> </ul>                        |
| 4. Unterbrochslose Stromversorgung USV                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Zu- /Abluft mit Kühlung</li> <li>Raumtemperatur ca. 35°C</li> </ul>            |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ev. Kühlwasser Abwasser</li> </ul>  |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Hohlboden</li> </ul>  |
| 5. Batterie-Anlage                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Zwangslüftung</li> </ul>   |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Augendusche</li> </ul>  |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Säurefester Boden</li> <li>Schwellen bei Türen</li> </ul>                                 |
| 6. Erdungs-Anlage / Blitzschutzanlage                   |   |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Anschluss an Wasserleitungen</li> </ul>   |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Anschluss an Gebäudearmierung</li> </ul>  |
| 7. Starkstrominstallationen                             |   |   |  |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Steig- und Verteilzonen</li> </ul>  |
| 8. Lichtinstallationen und Leuchten                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Luftausblasgitter mit Leuchten koordinieren</li> </ul>                         |   |  |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Brüstungs- und Bodenkanäle</li> <li>Beleuchtung in Decke</li> </ul>                       |
| 9. Erschliessung PTT, Kabel-TV, Radio, Elektrozuleitung |   |   |  |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Grabarbeiten</li> <li>Kabelschutzrohre</li> <li>Zugschächte</li> </ul>                    |
| 10. Telefonzentrale                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Luftbefeuchtung</li> <li>Kühlung, Entfeuchtung</li> <li>Nachwärmung</li> </ul> |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kondensatablauf dito f. Entfeuchtung</li> <li>Wasseranschluss für Kondensator</li> <li>Kühlung</li> </ul> |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Raum vor Montagebeginn durch PTT fertig-gestrichen, belüftet oder klimatisiert</li> </ul> |

| Architekt                    | TECHNISCHE KOORDINATION  |   |  |   |
|------------------------------|--|---|--|---|
|                              | ANLAGEELEMENT  | LÜFTUNG/KLIMA   | HEIZUNG  | SANITÄR   |
| <u>UNTERGESCHOSSE</u>        |  |   |  |   |
| Boden                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bodenkanäle</li> <li>• Gerätesockel</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fernleitung</li> <li>• Kesselsockel</li> <li>• Pumpensockel</li> <li>• Tankraum</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wasserleitungen</li> <li>• Pumpenschacht</li> <li>• Kanalisation</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hauseinführung</li> <li>• Liftmaschinenraum</li> </ul>   |
| Wände                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kanalführung</li> <li>• Entlüftungsöffnungen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frischluftöffnung</li> <li>• Fortluftöffnung</li> <li>• Verteiler</li> <li>• Druckentlastung bei Gas</li> <li>• Einbringöffnung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verteiler</li> <li>• Tumblerabluft</li> <li>• Einbringöffnung</li> </ul>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verteiler</li> <li>• Einführungen der Zuleitungen</li> </ul>   |
| Decke                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steigzonen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kamin</li> <li>• Abluft Heizraum</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steigzonen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steigzonen</li> <li>• Lichtinstallationen</li> </ul>   |
| Allgemein                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Garagelüftung</li> <li>• Entlüftung gefangener Räume</li> </ul>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tankraum</li> <li>• Heizraum</li> <li>• Kaminquerschnitt</li> <li>• Expansion</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sprinkleranlage</li> <li>• Zentralen</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trafostation</li> <li>• Verteilerräume</li> <li>• Anschlussapparate</li> <li>• HLS-Anschlüsse</li> </ul> |
| <u>ERD- u. OBERGESCHOSSE</u> |  |   |  |   |
| Allgemein                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Küchenabluft</li> <li>• Abluftanlagen für Innenräume</li> <li>• Steigzonen, Schächte</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Raumheizung</li> <li>• Steigzonen (Schächte)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitungsführung (Schächte)</li> <li>• Apparate</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wohnungsverteiler</li> <li>• Lichtenanlage</li> <li>• Steckdosen</li> </ul>                              |
| <u>DACH</u>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dachzentralen</li> <li>• Überführungen</li> <li>• Ventilatoren</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschluss Lüftungszentralen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwässerung</li> <li>• Entlüftung</li> </ul>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschlüsse</li> <li>• Ventilatoren</li> <li>• Licht etc.</li> <li>• Liftaufbau</li> </ul>                |
| <u>FASSADE</u>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Isolation minimaler k-Wert</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brüstung / Erschließung</li> </ul>   |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brüstung / Erschließung</li> </ul>   |

Quellen: siehe Quellenverzeichnis des Berichts [13], [14]  
eigene Erfahrungen



## Anlage 5: BASYS-Projektbesprechung, 2./3. August 2001

### Kurzprotokoll der BASYS-Projektbesprechung am 2./3. August 2001 bei der

**JRG GUNZENHAUSER AG**  
**Armaturenfabrik**  
**Hauptstrasse 130**  
**CH - 4450 Sissach**

#### **Vorbemerkungen:**

Das Fachgespräch kam auf Initiative von Peter Thomas, Fa. HATI, Berlin zustande, der seit Anfang der 80er Jahre das Rohr-in-Rohr-System in verschiedenen ökologischen Modellvorhaben eingesetzt hat.

Das Rohr-in-Rohr-System wurde von JRG GUNZENHAUSER AG als Armaturenhersteller (traditionell: Absperrventile, Druckminderer, Filter etc.) gemeinsam mit der schwedischen Firma WIRSBO Bruks AB (siehe: <www.wirsbo.de) Ende der 70er Jahre entwickelt und von GUNZENHAUSER exklusiv unter dem Markennamen JRG SANIPEX<sup>®</sup> vertrieben.

Das besondere an dem Rohr-in-Rohr-System ist, dass in der Wohnung (ähnlich wie bei einer Fussbodenheizung) an zentraler Stelle je ein Verteiler für Kalt- und Warmwasser installiert wird, von denen aus jede Zapfstelle separat versorgt werden kann. Dieses sog. Einzel-Zapfstellensystem erlaubt es, dass (theoretisch) jede Zapfstelle mit unterschiedlichen Wasserqualitäten versorgt werden könnte. Auch eine spätere Umstellung (z. B. auf Regenwasser) kann durchgeführt werden, ohne dass innerhalb der Bad- oder Kücheninstallation Stemmarbeiten ausgeführt werden müssten.

#### **Teilnehmer:**

Arch. Michael Zwölfer, ifib, Universität Karlsruhe  
Frank Schelling, s&h solar-energiekonzepte GmbH,  
Pjotr Thomas, HATI GmbH

Dieter Kusenberg als Prokurist und Vertreter des Stammhauses:

JRG GUNZENHAUSER AG  
Hauptstrasse 130  
CH - 4450 Sissach  
Tel: 0041 - (0)61 - 975 22 22  
Fax: 0041 - (0)61 - 975 22 00  
E-Mail: <dieter.kusenberg@jrg.ch>  
Internet: <www.jrg.ch>

und

Wolfram H. Heger als Prokurist und Verkaufsleiter der Niederlassung

Deutschland Nord-West / Ost:  
JRG GUNZENHAUSER GmbH  
Am Lonnenhohl 10  
44 319 Dortmund  
Tel.: 02 31 - 92 10 92 -20  
Fax.: 02 31 - 92 10 92 -10  
E-Mail: <birgit.erben@jrg.de>  
Internet: <www.jrg.de>





Als Tagesordnung für die Besprechung am 2./3. Aug. hatten sich die Teilnehmer auf folgende Punkte verständigt:

**TOP 1**

Wie ist das Rohr-in-Rohr-System in einer Ökobilanz zu bewerten?

**TOP 2**

Welche Anforderungen muss ein brettstapelgerechtes Installationssystem erfüllen?

**TOP 3**

Welche EDV-Unterstützung bietet GUNZENHAUSER derzeit insbesondere Handwerksbetrieben an.

Vor dem Einstieg in die Tagesordnung wurde den Vertretern der GUNZENHAUSER AG kurz der aktuelle Projektstand des BASYS-Projektes präsentiert. Herr Heger hatte sich am 25. Juli bei einem Besichtigungstermin über das Bauvorhaben "Bornstedter Feld" vor Ort über die Brettstapelbauweise zusätzlich informiert.

**TOP 1**

**Wie ist das Rohr-in-Rohr-System in einer Ökobilanz zu bewerten?**

Im Vorfeld hatte Herr Thomas von GUNZENHAUSER verschiedene (zum Teil interne) Unterlagen über Umweltaspekte von Trinkwasser-Installationssystemen erhalten. Zum einen handelt es sich um eine Sendung mit Datum vom 5. Oktober 2000 von Herrn Kusenberg (Anlage 1).

Auf der Grundlage des Materialauszuges für die Trinkwasserinstallation des BASYS-Testwürfels (Verteiler sitzt hinter dem Spiegel der Gäste-Toilette im EG) hatten wir um die "Quantifizierung des ökologischen Rucksackes" gebeten, wenn das klassische JRG SANIPEX®-System in der Dimension 16 x 2,2 mm zum Einsatz kommt. Herr Heger hatte vorab am 15. Mai 2000 weitere allgemein umweltrelevante systembezogene Stellungnahmen geschickt (Anlage 2; soweit sie nicht bereits in Anlage 1 enthalten sind).

Bei der Besprechung in Sissach hat Herr Kusenberg die Massenbilanz für die Stockwerksverteilung vorgelegt (siehe Anlage 3). Gleichzeitig hat der Rohrhersteller WIRSBO eine Umweltbilanz des Produktes "Wirsbo-PEX" vorgelegt (siehe Anlage 4).

Nach diesen Herstellerangaben besteht die Stockwerksverteilung des BASYS-Testwürfels bei Verwendung des JRG SANIPEX®-Systems aus folgenden Materialien bzw. Massen:

| <b>Materialien:</b>  | <b>Massen:</b> | <b>Bemerkungen:</b> |
|--|----------------|---------------------|
| <b>Anschlussdosen, Verteiler, Halter und Befestigungen</b> |                |                     |
| Rotguss  | 2.945 gr       |                     |
| Messing  | 816 gr         |                     |
| Stahl (Ringe, Schrauben)                                   | 390 gr         |                     |
| Delrin 100 POM (cadmiumfrei)                               | 712 gr         |                     |
| Gummi  | 75 gr          |                     |

| <b>Rohrmaterialien:</b>               | <b>Massen:</b> |    |       |   | <b>Bemerkungen:</b>                                      |
|---------------------------------------|----------------|----|-------|---|--|
| <b>20 m Wirsbo PEX Rohr 16 x 2,2:</b> | 1.940,0        | gr |       |   |  |
| Polyethylen                           | 1.920,6        | gr | 99,00 | % |  |
| Antioxidantien                        | 9,7            | gr | 0,50  | % |  |
| Peroxid                               | 9,7            | gr | 0,50  | % | <b>wird während des Vernetzungsprozess es verbraucht</b> |
|                                       |                |    |       |   |  |
| <b>Schutzrohr 25 mm:</b>              | 1.140,0        | gr |       |   |  |
| Polyethylen                           | 1.105,8        | gr | 97,00 | % |  |
| Antioxidantien                        | 0,6            | gr | 0,05  | % |  |
| Russ                                  | 28,5           | gr | 2,50  | % |  |
|                                       |                |    |       |   |  |

Auf der Basis dieser quantitativen und qualitativen Herstellerangaben kann in einem zweiten Schritt eine erste stoffbezogene Umweltbilanz für das Rohr-in-Rohr-System erstellt werden (Frage: ist das mit dem bisherigen Instrumentarium von LEGOE möglich?). Geplant ist, dass eine weitere stoffbezogene Umweltbilanz für die Stockwerksleitungen auf der Basis einer Installation mit Kupferrohr erstellt wird. Frank Schelling hat zugesagt, dass er den Materialauszug dazu kurzfristig erstellen wird. Ob noch eine dritte Alternative der Stockwerksverteilung des BASYS-Testwürfels geplant und berechnet wird, etwa mit dem GIS-System und dem Mehrschicht-Verbundrohr (diese Lösung kommt im Bornstedter Feld zum Einsatz), konnte bei der Besprechung nicht geklärt werden.

Sobald das BASYS-Projekt die stoffbezogene Umweltbilanz für das Rohr-in-Rohr-System erstellt und ggf. dem Hersteller vorgelegt hat, ist GUNZENHAUSER gerne bereit, die Planung/Dimensionierung der Stockwerksverteilung für den/die BASYS-Testwürfel zu optimieren. Ein Alleinstellungsmerkmal des JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Systems besteht u. a. darin, dass bei allen Übergängen vom Rohr auf den Fitting, immer der volle Rohrquerschnitt zur Verfügung steht (alle Wettbewerber arbeiten mit Stützhülsen im Rohr, die einen zusätzlichen (höheren) Einzelwiderstand darstellen). Fast alle Stockwerksleitungen können daher in der Mehrzahl der Fälle bei dem JRG SANIPEX<sup>®</sup>-System in der Dimension 12 x 1,8 mm ausgeführt werden. Dies verringert den Materialeinsatz, spart Energie und erhöht gleichzeitig den Komfort für die Nutzer. Durch die kleinere Dimension reduziert sich die Ausstosszeit einer Warmwasserleitung (z. B. eines Waschbeckens um ca. 50%). Auch aus diesem Grund ist GUNZENHAUSER sehr an der methodischen Seite der Langzeitbewertung dieser spezifischen Vorteile ihres Rohr-in-Rohr-Systems interessiert.

Unabhängig von der stofflichen Betrachtung bzw. der Gesundheits- und Umweltbilanz von Trinkwasser-Installationssystemen ist die Performance, der Nützlichkeit des Rohr-in-Rohr-Systems über die gesamte Lebensdauer des Komplexproduktes "BASYS - Haus" von besonderer Bedeutung. Dazu hat GUNZENHAUSER bisher keine Materialien erstellt auf die Externe zurückgreifen könnten. In Fortsetzung des Schweizer Impulsprogrammes "IP-BAU" verfolgt man jedoch sehr genau die Entwicklungen von Strategien zur Nutzenseverbesserung, Nutzenserweiterung und Nutzenseverlängerung von Bauwerken wie auch der haustechnischen Systeme. Ein wesentlicher Systemvorteil des Einzel-Zapfstellensystems besteht ja gerade darin, dass jede Zapfstelle mit einer unterschiedlichen Wasserqualität versorgt werden könnte (siehe:

Vorbemerkungen).

Wohlgemerkt, bezogen auf die Stockwerksverteilung fallen auch bei einem nachträglichen Umrüsten keine Kosten an! Ganz anders bei starren Rohrsystemen, wie zum Beispiel Kupferrohrinstallationen; hier muss - abgesehen von dem möglicherweise existierenden Korrosionsproblem - die Anschlussleitung zum Spülkasten nachträglich freigelegt werden, um diesen mit einer anderen Wasserqualität versorgen zu können.

Bisher ist in der Sanitärbranche (in Deutschland) wenig bekannt, dass GUNZENHAUSER (in der Schweiz) seit Jahrzehnten eine Kreislaufwirtschaft von JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Produkten und Rotguss-Armaturen praktiziert.

Nach Aussage von Herrn Kusenbergs kann bei der Rotguss-Produktion der Anteil aus „altem“ Rotguss zwischen 10 und 15 % betragen. Dabei wird Wert darauf gelegt, dass nur Rotguss aus der eigenen Produktion der Wiederverwertung zugeführt wird. Rotguss fremder Hersteller wird in der Regel nicht verwertet, da die genaue Spezifikation nicht bekannt ist. Grundsätzlich erhält GUNZENHAUSER recycelbaren Rotguss direkt durch die Installateure. Andere Quellen kommen kaum zum tragen (Schrotthändler liefern unsortiertes Material).

Überhaupt ist festzustellen, dass die Schweizer Hersteller ein wesentlich intensiveres Beziehungsmanagement mit den Installateuren pflegen, als dies in Deutschland der Fall ist. Dieses Netzwerk schliesst die direkte stoffliche Verwertung beim Hersteller mit ein.

Es müsste noch einmal nachgehakt werden, über welchen Vertriebsweg die industriell aufbereiteten Armaturen (Thermomischer, Druckminderer, Boiler-Sicherheitsarmaturen) vermarktet werden. Der Preis der revidierten Armaturen liegt etwa bei 50 % des Neupreises.

Die zurückgenommenen Kunststoffteile werden nicht im eigenen Unternehmen recycelt. Bisher werden primär Einbaukästen für die Stockwerksverteiler aus recycelten Kunststoffen hergestellt. Von einem Zulieferer können spezielle Kunststoffteile für das JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Programm gefertigt werden, so z.B. Rohrstützen, Schalungsdurchführungen, Schalungskästen oder auch Eimer für die Arbeit auf der Baustelle usw.

Die Recyclingquote, für Armaturen und JRG SANIPEX<sup>®</sup>, liegt insgesamt bei ca. 2 %.

Dieser geringe Wert lässt sich dadurch erklären, dass JRG-Armaturen für ein Hausleben gebaut werden. Durch die Modularität der GUNZENHAUSER-Produkte ist eine Aufarbeitung einzelner Systemkomponenten im Austauschverfahren möglich. Im konventionellen Wohnungsbau werden bei einer JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Installation etwa 70 % der Systemteile im Mauerwerk- bzw. Beton verlegt. Bei der Demontage müsste mit erheblichem technischem und personellem Aufwand das Schutzrohr und die Dosen von Beton-, Mörtel- oder Gipsresten gereinigt werden.

Hierin liegt ein weiterer Systemvorteil des Brettstapelbaus, der bisher bei BASYS noch keine Rolle gespielt hat. Von wenigen Ausnahmen einmal abgesehen (zum Beispiel bei der klassischen Trockenbau-Installation) kann es zu Verunreinigungen durch Kleber/Gipsresten kommen. Bei einer Brettstapelgerechten Installation lässt sich, in der vorgeschlagenen Systembauweise (siehe: TOP 2), auch nach 30 bis 50 Jahren sortenrein demontieren und die Systemkomponenten ohne zusätzliche Aufwendungen einer stofflichen Verwertung zuführen.

GUNZENHAUSER ist als Bauprodukte herstellendes Industrieunternehmen grundsätzlich daran interessiert, den produkt- und produktionsintegrierten Umweltschutz noch stärker zu verankern. Insbesondere im Hinblick auf die Endlichkeit von Erdöl oder Erdgas, will man zukünftig die Recyclingquote auch bei den Kunststoffprodukten deutlich erhöhen. Gerade in den sortenreinen Dosen und Rohrleitungen stecken noch ein Vielzahl von Potentialen, die es in den nächsten Jahren als Rohstoffquelle zu heben gilt.

Wenn BASYS Formulierungsvorschläge für freiwillige Rücknahmeverpflichtungen durch Hersteller (allgemein) in Ausschreibungen für "Clean-construction-, Zero-pollution- oder Eco-design-Häuser" entwickeln sollte, ist GUNZENHAUSER gerne bereit, das Forschungsprojekt aktiv zu unterstützen.

## TOP2

### Welche Anforderungen muss ein brettstapelgerechtes Installationssystem erfüllen?

Seit der ISH 1997 (Internationale Sanitär- und Heizungsmesse) hat GUNZENHAUSER, als einziger Anbieter von Rohr-in-Rohr-Installationssystemen eine Armaturen-Anschlussdose im Markt, die zusammen mit dem Schutzrohr einem Druck von 2 mWS standhält. Diese Besonderheit, dass im Falle einer Undichtheit kein Wasser an der Anschlussdose austreten kann, hat GUNZENHAUSER auf Anregung der schwedischen Marktpartner entwickelt. Wie kein anderes System ist dadurch die JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Anschlussdose für den Brettstapelbau in besonderer Weise geeignet.

Allgemein wurde festgestellt, dass die Problematik der Bildung und Ableitung von Kondenswasser in konventionellen Bauwerken wie auch im Holzbau und unabhängig von den verwendeten Werkstoffen, bisher vernachlässigt wurde. Von dem BASYS - Forschungsprojekt wird jedoch auch erwartet, dass bezogen auf die Kondenswasserproblematik solche Detaillösungen für die Brettstapelbauweise methodisch und prototypisch erarbeitet werden oder aber BASYS präsentiert solche Beispiellösungen, bei denen das Kondenswasserproblem inhärenter Bestandteil der Produktentwicklung war und ist.

Bei der vom BASYS-Projekt vorgeschlagenen Lösung, die Anschlussdosen aus dem "vollen Holz" herauszufräsen, nach Montage von Rohr und Dosen entsprechende Überdeckung mit Fermacell-Platten o.ä., worauf die Fliesen geklebt werden können, sieht GUNZENHAUSER in Bezug auf seine Produktweiterentwicklung keinen aktuellen Handlungsbedarf.

Die sichtbare Brettstapel-Badezimmerwand stellt eine interessante Variante dar, für die sich sicher auch immer mehr Menschen begeistern lassen. Wenn "sichtbare Brettstapel-Badezimmerwand" gleichzeitig heisst, dass die Rohr-in-Rohr-Installation "sichtbar" in einem dahinter liegenden Schrank erfolgt; wäre das sanitärtechnisch sicher eine Innovation, an deren Weiterentwicklung GUNZENHAUSER sehr interessiert ist.

Die bisherigen JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Anschlussdosen lassen sich auf unterschiedliche Art "in der Schrankwand" oder auch "hinter der Schrankwand" befestigen. Es kommt primär darauf an, dass die beiden Anschlüsse parallel aus der Wand ragen, damit die auf der gegenüberliegenden Badezimmerrwand zu montierende Armatur waagrecht sitzt.

Dieter Kusenberg wird dazu bei nächster Gelegenheit einige holzbauspezifische elektronische Dokumente (Grafiken und Bilder) aus dem Systembeschreibung und anderen Quellen zusammenstellen und dem BASYS-Projekt zusenden.

GUNZENHAUSER wird einige "Brettstapelwand-Schrankmodelle" bauen, um die Befestigungsmöglichkeiten der heute verfügbaren Anschlussdosen am Realmodell auszuprobieren. Vereinbart wurde, dass die interessantesten Varianten dem BASYS-Projekt (etwa im Herbst 2001) gegenseitig präsentiert werden.

Die Erarbeitung von brettstapelgerechten Armaturenanschlüssen (Anschlussdosen) ist jedoch (wenn auch eine wichtige) nur eine Seite der Medaille. Die optimale Lage und die Einbausituation des Verteilers in einer Brettstapel-Wand bzw. Brettstapel-Decke stellt eine Herausforderung (auch für GUNZENHAUSER) dar.

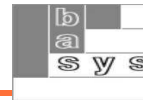
BASYS hat bisher nur eine erste Verteilerlösung "hinter dem Spiegel im Gäste-WC" für das Systemhaus (Testwürfel: Joachim Eble) erarbeitet.

GUNZENHAUSER regt an, in Richtung Verteilerlösungen unter der Brettstapel-Decke intensiver zu arbeiten. Wenn in dem BASYS-Systemhaus ein Warmwasser-Speicher installiert wird, drängt sich (fast zwingend) eine Lösung auf, bei der der Warmwasserverteiler unter der Geschosdecke (über dem Speicher) installiert wird.

Die besonderen Vorteile der gedübelten Brettstapeldecke bestehen darin, dass die (nachträglichen) Bohrungen für das Rohr-in-Rohr-System prinzipiell an beliebiger Stelle und in jeder Richtung ausgeführt werden könn(t)en. Richtungsänderungen innerhalb der Decke, so wie sie bei Verwendung der JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Schalungskästen in Betondecken möglich sind, scheiden bei Brettstapeldecken aus. Wollte man nachträglich auf der Baustelle die Installation erst realisieren, würde man die Brettstapeldecke mehr oder weniger senkrecht durchbohren (-stossen). Dabei muss auf die Achsmasse der JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Verteiler (55 mm) geachtet werden. Die Bohrungen für die Kalt- bzw. Warmwasserleitungen müssten um 27 mm gegeneinander versetzt angebracht werden (siehe Anlage 5). Bei entsprechend angebrachten Bohrungen können die Verteiler sauber angeschlossen werden. Eine weitere Möglichkeit wäre, bei der Installation/Montage auf der Baustelle die Brettstapeldecke rechteckig (Grösse ca. 400 x 150 mm) zu durchstossen, durch diese Öffnung können alle Rohrleitungen verlegt werden. Vorbehältlich der Fachdiskussion mit dem Statiker sollten die Rohrleitungen in einem Deckenschlitz unter der Trittschalldämmung der Brettstapeldecke verlaufen. Der Übergang im Bereich des Deckendurchbruches von der Vertikalen in die Horizontale müsste mit einem grossen Radius (Minimum: 160 mm) realisiert werden. Bei kleineren Radien ist damit zu rechnen, dass auf einen der spezifischen Vorteile des Rohr-in-Rohr-Systems, das wasserführende Innenrohr ohne Beschädigung der Wand/Fliesen ersetzen zu können, verzichtet werden muss.

Die derzeitige Marktposition im Bereich des Betonbaues ist das Ergebnis eines langjährigen Beziehungsmanagements das GUNZENHAUSER mit einer Vielzahl von Handwerksbetrieben, die auch zur Produktverbesserung wesentliche Impulse beigetragen haben, pflegt. Auch wenn heute das Marktvolumen für den Brettstapelbau noch von vielen Imponderabilien abhängt, das Problem der Brettstapel-Deckendurchdringung mit einer Vielzahl von Rohren muss fachgerecht gelöst werden. Die JRG SANIPEX<sup>®</sup> (Beton-) Schalungskästen liessen sich mit relativ überschaubarem Aufwand (insbesondere im Hinblick auf die Stabilität, daneben müsste ein breiterer Rahmen den Deckendurchbruch nach unten hin sauber abschliessen) an die spezifischen Erfordernisse des Einsatzes im Brettstapelbau anpassen.

Es bleibt jedoch den weiteren (auch internen) Gesprächen vorbehalten, bevor GUNZENHAUSER mögliche Investitionsentscheidungen in Richtung Erweiterung der Produktpalette um "brettstapelgerechte JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Systemkomponenten" trifft.



### TOP 3

#### **Welche EDV-Unterstützung bietet GUNZENHAUSER derzeit insbesondere Handwerksbetrieben an.**

Ressourcensparende lebenszyklusoptimierte Gebäude zählen zu den erklärungsbedürftigen Komplexprodukten. Als potentieller Anbieter von brettstapelgerechten Systemkomponenten aber auch Sanitärarmaturen, die sich heute bereits durch eine lange Lebensdauer auszeichnen, recycling-gerecht konstruiert sind, sieht sich GUNZENHAUSER in besonderem Maße in der Pflicht, nicht nur die Produktvorteile der einzelnen eigenen Produkte herauszustellen, sondern speziell die After-sale-Informationen so aufzubereiten, dass die System- und (langjährigen) Gebrauchswertvorteile für den Kunden herausgestellt werden können.

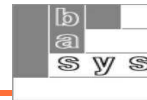
Durch beschleunigte Innovationen, schnell wechselnde Marktanforderungen und stärker individualisierten Bedürfnissen wird von dem Kundenberater, ob Handwerker, Ingenieur oder Techniker, stärker als dies in der Vergangenheit der Fall war, ein hohes Mass an Umstellungsfähigkeit sowie problemorientiertes Denken verlangt.

Wenn die Vision/Strategie des BASYS-Teams zutrifft, dann werden zukünftig in stärkerem Maße Abstimmungs- bzw. konsensuale Prozesse zwischen Kunde und Handwerker auf der einen Seite und industriellem Hersteller auf der anderen Seite erfolgen, in welchen die Kunden mit den "Beratern" aushandeln, wie die Bestellung/industrielle Fertigung ausfallen soll. Historisch betrachtet ist dies die Qualität der mittelalterlichen Kunden-Handwerkerbeziehung. Bei dem Verweis auf das Mittelalter geht es nicht um die "Romantik" sondern mehr um die Qualität der handwerklichen Leistung. Diese ist in der spät-industriellen Angebotsdimension der Fertigungsoptimierung von Massenprodukten nicht mehr enthalten. Sie ist austauschbar geworden. Nur noch der billigste Preis über die an sich austauschbaren industriellen Produkte, aber auch die handwerkliche Ausführung, entscheidet.

Handwerker müssen wieder lernen, ihre "Lokalität" und selbstredend die hohe Fachkompetenz in die Waagschale zu werfen. Der Handwerker der Zukunft sollte sich nach wie vor primär durch sein "handwerklich-praktisches Können" auszeichnen. Nicht nur im Handwerk gilt, das Begreifen setzt das Greifen voraus! Gleichzeitig wird von dem Handwerker auch verlangt, dass er als "Mundwerker" das notwendige Bindeglied zwischen dem Kunden und seinen individuellen Hardwaremöglichkeiten darstellt. Er sollte diese Kundenwünsche in industriell herstellbare Systemkomponenten "übersetzen" können und zusätzlich auch Praxiserfahrungen in die industrielle Fertigung rückkoppeln.

Durch die telekommunikatorische Infrastruktur werden Handwerker in die Lage versetzt, aus der Lokalität der Kunden heraus, unter handwerksadäquaten Bedingungen die fachkompetente Verbindung zu einer modernen Industrie zu sichern. Da Kommunikation nie ein einseitiger Prozess sein kann, erwartet GUNZENHAUSER von den Installateuren, dass sie ihre Anforderungen an die bereitzustellenden Instrumente in Hinblick auf die Chancen und Risiken formulieren.

Die neue Dienstleistungsgesellschaft ist nicht einfach als Ausweitung der bekannten (auch handwerklichen) Dienstleistungen zu verstehen, vielmehr legt sich die "service-economy" als Querstruktur über die bekannten Angebots-/Nachfragestrukturen, indem sie ihr Produkt- und Dienstleistungsangebot auf die individuelle Kundennachfrage massschneidert.



Bei der BASYS-spezifischen Ausrichtung der "polyvalenten" Clean-construction-Gewerke ist es fast gleichgültig, ob der ehemalige Lehrberuf Tischler, Zimmermann oder Installateur war.

Wenn die Gesamtverantwortung des Handwerks für den Produktlebenszyklus wie in dem BASYS-Vorhaben "gesetzt" ist, dann kommt dem Planungsprozess eine besondere Bedeutung zu.

Erforderlich sind Konzepte, in welche die Praxiserfahrungen in die Planungs-/Entwurfskonzepte rückgekoppelt werden können. Dafür sind Instrumente und Methoden erforderlich, die es einem EDV-technischen Laien ermöglichen sollen, seine Fachkompetenz als Experten in seinem Arbeitsgebiet in den Entscheidungsprozess einzubringen. Dabei sollten diese nicht zu Angestellten "befördert" und damit aus dem händischen Arbeitsprozess herausgenommen werden müssen.

GUNZENHAUSER hat seit mehreren Monaten eine erste AutoCAD-Applikation im Markt, bei der die Basis-Zeichenfunktionen gegenüber der AutoCAD-R14 nicht verändert wurden. Bisher liegen noch keine Erfahrungen vor, wieviel Zeit die Einarbeitung in das CAD-System für einen Installateurgesellen in Anspruch nimmt (die Aufstiegsfortbildung zum geprüften CAD-Konstrukteur dauert ein Jahr (Vollzeit)).

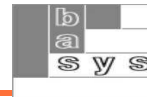
Auch wenn ein Grossteil dieser Fortbildung eine "Anpassqualifizierung" (der Mensch wird an die Technik "angepasst") darstellt, die Sanitärtechnik ist nur ein Gewerk unter vielen, so dass kein industrieller Hersteller sich erlauben kann, als Planungsunterstützung einen proprietären CAD-Standard an Architekten, Ingenieure und Handwerker anzubieten.

Um zu verhindern, dass über ein CAD-System gleichzeitig arbeitsteilige Strukturen im Handwerk implementiert werden, müssten die AutoCAD-Zeichenfunktionen soweit vereinfacht werden, dass zum Beispiel die Positionierung der JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Anschlussdose in einem Fliesenraster per Drag-and-Drop möglich ist. Die Anschlussdose, welche "in Wirklichkeit" ein komplexes 3-D-Modell darstellt, wird aus dem BASYS-Kontext heraus, um weitere Attribute (etwa die Ansteuerung von CNC-Fräsmaschinen) ergänzt. Dies darf denjenigen, der die Anschlussdose bisher aus der Wand ausgestemmt hat, in Zukunft diese nur auf dem Bildschirm positionieren will, nicht durch eine hohe Komplexität des CAD-Systems an dieser (gleichen) Aufgabe hindern.

Bisher ist noch keine Forderung an GUNZENHAUSER herangetragen worden, die Entwicklung eines handwerksgerechten CAD-System zu unterstützen. Teilweise wird von kleineren Handwerksbetrieben - ohne eigenem CAD - gewünscht, dass der Hersteller die Projektierung auszuführender Objekte durchführt.

Die CAD-Grafiken, die mit dem "JRG Sanipex<sup>®</sup> - CAD 1.0" erstellt werden, sind primär Grundrisse (in wählbarem Maßstab) und Schemazeichnungen. Auf Grundlage dieser Zeichnungen erfolgt die Dimensionierung der Rohrleitungen nach der DIN1988, für die gesamte Wasserversorgung.

Demgegenüber sind die Mehrzahl der Zeichnungen, die für die Bearbeitung in dem BASYS-Projekt erforderlich sind, Detaildarstellungen, Grundrisse und Ansichten im Maßstab 1 : 10 oder 1 : 5. Auch die Informationen, mit welchen Bohr- bzw. Fräs Werkzeugen die Brettstapelelemente weiterbearbeitet werden, tauchen bei anderen Projekten bisher nicht auf. Grundsätzlich sieht sich GUNZENHAUSER in der Rolle, nicht nur beispielsweise die Anschlussdosen zu liefern, sondern auch die CAD-Daten über die äussere Kontur der Anschlussdose. Fertigungstechnische Daten für eine CNC-Bearbeitung wird GUNZENHAUSER nicht bereitstellen, dafür sind die Hardwareanforderungen bei den Werkzeugmaschinen zu unterschiedlich.



Die Universität Karlsruhe, bzw. Herr Zwölfer, wird ein JRG SANIPEX<sup>®</sup>-CAD-1.0 erhalten. Seine Aufgabe besteht darin, zu prüfen, inwieweit zusätzliche fertigungstechnische Attribute an die Programm Module angehängt werden können. Den Kontakt zu den LiNear-Mitarbeitern (Entwickler des Programms), die Auskunft über das LiNear-Datenmodell geben können, wird Herr Kusenbergr vermittelt.

Bezüglich des Informationsangebotes im Internet zieht GUNZENHAUSER aktuell den Trennungsstrich zwischen dem Fachmann und dem Endkunden/sanitärtechnischen Laien. Noch findet der Fachmann im Inter-/Intranet kein spezifisch aufbereitetes Informationsangebot.

Praktische Aufgaben, wie zum Beispiel das Wechseln der Filterpartone, das im Prinzip (fast) jeder Hausbesitzer erledigen kann, wird im Netz sehr detailliert dargestellt. Durch die Präsentation von sog. Laintätigkeiten im Internet will GUNZENHAUSER einen Beitrag leisten zur Aufwertung der qualifizierten Handwerksarbeit.

Wenn derzeit im Grossraum Zürich für eine Monteurstunde sFr. 116.- in Rechnung gestellt werden, kann der Kunde erwarten, dass das Handwerk seine traditionellen Tugenden aufrichtig lebt. Dazu zählen u. a. Zuverlässigkeit, Pünktlichkeit, Fleiss, Qualität der Arbeit, Freude am Wachstum, Verantwortlichkeit gegenüber dem Nächsten und der Umwelt, Verantwortung für das Werk der Hände. Unter diesen Gesichtspunkten betrachtet, führt eine hohe Motivation und ausgeprägte Arbeitsfreude in einer sinn- und nutzenstiftenden Handwerksarbeit dazu, auch weiterhin für junge Menschen attraktiv zu sein.

GUNZENHAUSER sieht die individuellen und gesellschaftlichen Verwirklichungschancen für das Installationshandwerk insgesamt optimistisch. Die Potentiale der Brettstapeltechnologie im Hinblick auf die Sanitärinstallation, einschliesslich den Anforderungen an eine handwerksgerechte Fertigungstechnologie konnten in dem ersten Treffen nur angerissen werden. Im Rahmen eines weiteren Treffens (etwa im Herbst 2001) will man die bis dahin jeweils gemachte Erfahrungen mit der Brettstapeltechnologie erneut austauschen.

Peter Thomas  
HATI GmbH  
Berlin



## Anlage 6: BASYS-Projektbesprechung, 22./23. August 2002

**Kurzprotokoll der BASYS - Projektbesprechung  
am 22. / 23. August 2002 bei der**

**JRG GUNZENHAUSER AG**  
**Armaturenfabrik**  
**Hauptstrasse 130**  
**CH - 4450 Sissach**  
<[www.jrg.ch](http://www.jrg.ch)>

### **Teilnehmer:**

Michael Zwölfer, ifib, Universität Karlsruhe  
Frank Schelling, s&h solar-energiekonzepte GmbH,  
Peter Thomas, Hati GmbH  
Dieter Kusenbergh, Technischer Kundendienst und Prokurist der  
JRG GUNZENHAUSER AG sowie  
Johann Rudolf Gunzenhauser, Vorsitzender der Geschäftsleitung (zeitweise)

### **TOP 1**

**Darstellung der Praxiserfahrungen mit der brettstapelgerechten JRG SANIPEX® - Anschlussdose und erste Überlegungen bezüglich einer flexiblen und schwitzwasserdichte Schutzrohr-Verbindung zwischen Brettstapel-Elementen**

Herr Zwölfer berichtete über den aktuellen Stand des BASYS - Forschungsprojektes, dessen Förderung Ende dieses Monats ausläuft. Der Projektabschlussbericht wird spätestens Ende Januar dem Zuwendungsgeber überreicht, so dass mit einer Veröffentlichung im Frühsommer 2003 zu rechnen ist.

Ein Schwerpunkt des BASYS - Projektes besteht in der Entwicklung von brettstapelgerechten haustechnischen Systeme und deren Integration in die vorgefertigten Brettstapel-Wand- bzw. Deckenelemente.

Anders als bei der beidseitigen Bearbeitung von Holzrahmenwänden bewegt man sich bei der Installation von Brettstapelelementen meist nur auf einer Wandseite. Soweit wie möglich gilt es Wendemanöver und damit wiederholte Justierungen einzusparen. Im Hinblick auf die später aufzubringenden OSB - Platte, wird bei dieser asymmetrischen Bearbeitung meist die Rückseite der "sichtbaren" Wand bearbeitet, d. h. u. a. auch gefräst. Dennoch wird man nicht in allen Fällen um ein Wenden der Brettstapelelemente umhinkommen.

Ein wichtiges Projektziel war, die Bearbeitungszeit auf den Montagetischen (Maschinenarbeit und Handarbeit) zu minimieren. Deshalb muss das Fräsen mehr leisten, als nur den Hohlraum im "Vollholz" herzustellen. Die projektspezifische Forderung bestand darin: **Fräsen gleich Befestigen!** Dies gilt auch für die JRG SANIPEX®-Anschlussdose. Alle für den Beton- und Mauerwerksbau, den Holz- und Trockenbau angebotenen JRG - Systemkomponenten wurden in BASYS ausführlich getestet. Das insgesamt beste Gesamtergebnis brachte jedoch die JRG SANIPEX®-Anschlussdose, bei der bisher der vordere Ring weggefräst wurde (siehe Bild 1). Bei der hohen Fräsgenauigkeit der CNC - Bearbeitungsbrücke lässt sich diese Dose zusammen mit der Verlängerung ohne Aufwand von hinten in die

Frästasche einlegen. Die später aufgebrachte und mit Klammern befestigte OSB-Platte drückt die JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Anschlussdose in die endgültige Position. Die durchgeführten Tests ergaben, dass die JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Anschlussdose keiner weiteren Befestigungen bedürfen, die Armaturen sind absolut fest, so dass man sich getrost auch an der Armatur festhalten kann.

Herr Kusenberg macht den Vorschlag, wenn auf das zusätzliche Festschrauben der Anschlussdosen generell verzichtet werden kann, könnte ggf. auch auf den hinteren Befestigungskranz verzichtet werden. Das heisst, auch dieser könnte entfernt werden. Dadurch erhält man eine universell einsetzbare brettstapelgerechte JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Anschlussdose. Diese könnte auch für Armaturenanschlüsse auf der OSB-Plattenseite genutzt werden (siehe Bild 2). Diesen Vorschlag werden wir unverzüglich aufgreifen und testen, ob dadurch eine sichere Armaturenbefestigung gewährleistet ist.

In diesem Zusammenhang wurde auch darüber diskutiert, dass durch die passgenauen Fertigungsmöglichkeiten der CNC-Technologie bei den Armaturenanschlüssen, zwischen Kalt- und Warmwasser-Anschlussdistanz, auf das Verwenden von S-Anschlussbogen verzichtet werden kann. Dadurch können kleinere, flachere Rosetten eingesetzt werden.

Herr Kusenberg gab den Hinweis, dass in der Schweiz verchromte Schraubrosetten in 1/2 ", Höhe (h) 10 mm, mit einem äusseren Durchmesser (d) von 65 mm angeboten werden. Diese decken den sichtbaren Teil der JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Anschlussdosen (d 47 mm) ab. Im Gegensatz zum deutschen Markt besteht in der Schweiz der typische Anschluss einer Auslaufarmatur aus einer Verlängerung mit Überwurfmutter. Die Anschlussseite der Auslaufarmaturen sind mit Aussengewinden versehen. S-Anschlüsse kommen in der Schweiz nur in Ausnahmefällen zum Einsatz (siehe z. B. KWC Armaturenfabrik AG, CH - 5726 Unterkulm; [www.kwc.com](http://www.kwc.com); zwischenzeitlich ein Tochterunternehmen der Fa. Hansgrohe AG, D - 77761 Schiltach; [www.hansgrohe.com](http://www.hansgrohe.com)).

Nicht alle Anfangs- und Endpunkte von Leitungen lassen sich innerhalb des selben Brettstapelelementes unterbringen. Es wird immer einen Anteil von Heiz- und Sanitärleitungen geben, welche mehrere Elemente tangieren. Um die Vorteile des Rohr-in-Rohr-Systems nutzen zu können, dürfen diese wasserführenden Leitungen jedoch nicht mit Kupplungen verbunden werden. Weiter gilt es, die Vorteile des druckdichten JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Schutzrohrsystems auch für die elementübergreifenden Rohrleitungen zu sichern. Nach eingehender Diskussion besteht der gemeinsame Vorschlag darin, bei elementübergreifenden Installationen, die wasserführenden Rohrleitungen erst nach erfolgter Montage der Wand- und Deckenelemente durch die Schutzrohre zu ziehen. Aus Gründen der Lagerlogistik verbieten sich lange überstehende Schutzrohre, bzw. Leitungen. Diese dürften nicht über die Aussenkante der Tafелеlemente vorstehen.

Die Realisierbarkeit eines speziell zu entwickelnden "Tafелеlement-Anschlusstrichter", mit welchem Maßtoleranzen von  $\pm 1$  cm bei der Montage der Brettstapelelemente ausgeglichen werden können, wäre zu prüfen. Eventuell könnte der bewährte, druckdichte, biegsame Dosenfuß der JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Anschlussdose angepasst werden.

Das innerhalb eines Tafелеlementes verlegte Schutzrohr endet jeweils in der Schwelle (bei Wandübergängen nach unten) oder Rähm (bei Wandübergängen nach oben) in einem solchen "Tafелеlement-Anschlusstrichter". Dieser müsste so verlegt werden, dass er bündig mit dem Brettstapelwandelement abschliesst. Gedacht ist dabei an eine stirnseitige Ausfräsung mittels einer Oberfräse. (Hinweis: Diese stirnseitige Ausfräsung kann mit der Weinmann-Brücke, die bei der Fa. Merkle installiert ist, nicht ausgeführt werden.)



Aufgrund unterschiedlicher Marktbedürfnisse besteht im Hause JRG GUNZENHAUSER AG die Auflage, dass eventuell auftretendes Schwitz- oder Leckwasser bis zu 2 mWS im Schutzrohr zurückgehalten wird. Das heisst, kein Wasseraustritt zwischen JRG SANIPEX®-Schutzrohr und JRG SANIPEX®-Anschlussdosen. Daraus folgt, dass auch die "Tafelelement-Anschlussstrichter" diese Auflage erfüllen müssten. In den nächsten Wochen werden durch Herrn Thomas Tests durchgeführt, ob dies mit den bestehenden Dosenteilen möglich wäre.

Herr Kusenberg berichtet, dass im Hause JRG GUNZENHAUSER AG an der Entwicklung eines schwitzwasserdichten Stockwerksverteilerkastens gearbeitet wird. Die technischen Anforderungen kommen ursprünglich aus den nordischen Ländern, wo sehr viele Häuser aus Holz gebaut werden. Eventuell auftretendes Schwitzwasser würde im Verteilerkasten gesammelt und über einen offenen (sichtbaren) Auslauf, z. B. in die Dusche, abgeleitet. Der Verteilerkasten hat eine Tiefe von 10,5 cm. Dieses Maß ergibt sich primär aus den Abmessungen der Wasser- und Wärmemengenzähler, welche häufig in die JRG SANIPEX®-Verteilerkästen eingebaut werden.

In diesem Zusammenhang weist Herr Thomas auf ein kürzlich geführtes Gespräch mit Herrn Wolfram Heger hin, der sich dafür eingesetzt hat, dass an der Fachhochschule Burgsteinfurt (Münster) die Kondenswasserproblematik als Diplomarbeitsthema unter Studenten ausgeschrieben wird.

## TOP2

### **Darstellung des handwerksadäquaten BASYS-CAD-Modells für das JRG SANIPEX®-System**

Während des Planungsprozesses wird teilweise durch den Bauträger, Architekten oder Fachplaner ein Rohrleitungssystem, oder auch ein einzelnes Produkt, in der Ausschreibung fixiert. Vielfach wird dies jedoch mit dem Satz "oder gleichwertig" ergänzt. Die vermeintliche Bindung an ein Produkt, die oft auch mit Unterstützung der Industrievertreter erfolgte, wird damit zur Schimäre.

Mit seinem spezifischen Informationsbedarf, den Fragen und Argumenten hat sich Herr Zwölfer als "Architekt" und "Bauherr" auf den Internet-Seiten [www.jrg.de](http://www.jrg.de) nicht wiedergefunden. Wünschenswert wäre eine Zielgruppenorientierung für unterschiedliche Akteure.

Oft ist es nur ein einziger Begriff, der gesucht wird und als Einstieg für das wesentlich breitere Informationsangebot dient. Diesen "Begriff" gilt es als Nucleus zu nutzen, zu festigen und als Produkt- und Systementscheidung auszubauen.

Die BASYS-Projektpartner sind davon überzeugt, dass in Bezug auf die installations-technischen Anforderungen im Bereich Holzbau im Unternehmen JRG GUNZENHAUSER AG und bei den Vertretern vor Ort ein umfassendes System-Know-how vorhanden ist, das als Alleinstellungsmerkmal einen zusätzlichen Zugangsweg zu adäquaten Lösungen mit JRG - Produkten bietet und von daher auch offensiv genutzt werden könnte. Zu diesem Angebot könnte auch gehören, dass die Nutzer sich spezifische DXF-Dateien downloaden können (siehe TOP 3).

Heute ist das Unternehmen mit zwei CAD-Systemen am Markt präsent. In Deutschland ist dies die Fa. LiNear (Ges. für konstruktives Design mbH, D - 52 072 Aachen; [www.linearweb.de](http://www.linearweb.de)). Weil sich in der Schweiz andere Darstellungsarten durchgesetzt haben,

hat man ein Schweizer Unternehmen beauftragt, eine spezielle landes-/branchentypische Applikation zu entwickeln.

### TOP 3

#### **Generierung des CNC-Programms aus den JRG SANIPEX®-CAD-Daten.**

DXF-Dateien stehen auf Anfrage für die Detailbearbeitung allen Planern und ausführenden Firmen zur Verfügung. Außer von dem BASYS-Projekt wurden diese Dateien bisher jedoch nur ein einziges Mal nachgefragt.

Der Versuch von Herrn Zwölfer, aus den DXF-Dateien eine maschinenunabhängige Beschreibung der Fräsvorgänge zu programmieren, scheiterte an der fehlenden Unterstützung (hard- und softwareseitig) der Weinmann-Anlage, im folgenden MF-Brücke genannt (= Multifunktions-Brücke). Die MF-Brücke bei der Fa. Merkle wurde primär entwickelt für den Holzrahmenbau; d. h. das Werkzeug wird positioniert, taucht ein und verfährt beim Fräsen. Von den Hardwarebeschränkungen einmal abgesehen, könnte die installierte CNC-Brücke leistungsfähiger sein, wenn sie stärker softwaretechnisch geregelt würde.

Die Ansteuerung der MF-Brücke aus AutoCAD erforderte in BASYS die Verwendung der proprietären HOMAG-Schnittstelle (WUP-Format). Dabei dienen in AutoCAD primitive Elemente (Kreise, Polygonzüge...) als Träger der geometrischen Information. Für den Export in das WUP-Format werden den Elemente die bearbeitungsspezifischen Informationen (Werkzeugkorrektur, Lage, Bearbeitungsseite...) in Form erweiterter Elementdaten (x-Data) angehängt.

Da im Falle der JRG SANIPEX®-Anschlussdose eine verhältnismäßig komplexe Fräskontur mit mehreren Arbeitsschritten vorliegt, müssen für die Erstellung der Fräskontur werkzeugspezifische Informationen (Werkzeugdurchmesser...) des Fräsmaschinenherstellers und dosenspezifische Informationen zusammengebracht werden. Sinnvollerweise erfolgt dieser Integrationsprozeß durch direkten Austausch zwischen dem Maschinenhersteller und der JRG GUNZENHAUSER AG. Das Know-how, die Erfahrung und ggf. auch die Kapazitäten für die neue Dienstleistung, all das ist im Unternehmen JRG GUNZENHAUSER AG grundsätzlich vorhanden. Herr Zwölfer schätzt den Personalaufwand zur Anpassung der Fräskontur auf eine Holzbearbeitungsmaschine auf einen Tag. Nach seiner Einschätzung beschränkt sich die Zahl der Hersteller von Brücken- und Portalanlagen bzw. Fräsmaschinen für großformatige Bauteilbearbeitungen auf wenige (z. B. Fa. Weinmann Holzbausystemtechnik GmbH, D-72813 St. Johann-Lonsingen, [www.weinmann-partner.de](http://www.weinmann-partner.de) sowie Fa. Hans Hundegger Maschinenbau GmbH, D-87749 Hawangen, [www.hundegger.de](http://www.hundegger.de)). Entsprechend gering ist die Vielfalt der Schnittstellen. Da die Anlagen aber jeweils Unikate sind und auf die Anforderungen der Betreiber maßgeschneidert werden, gibt es eine relativ hohe Vielfalt an betreiberspezifischen und oft undokumentierten Ergänzungen bzw. Abweichungen von den Standardschnittstellen. Der Aufwand ist insgesamt etwa auf ein halbes Dutzend Anwendungen beschränkt, der immer auch erst dann bedient werden sollte, wenn der Bedarf besteht. Herr Zwölfer bietet an, als Einstieg seine guten Kontakte zu der Fa. Weinmann Holzbausystemtechnik GmbH zu nutzen, um beispielhaft für die bei dem BASYS-Projektpartner Fa. Merkle installierte MF-Brücke, die prototypische Lösung der neuen JRG - Dienstleistung zu erarbeiten.

Alle Teilnehmer des Fachgespräches sind sich in der Einschätzung einig, dass neben dem CNC-Fräsen auf der Seite des Handwerks ein grosser ungedeckter Bedarf für die

Brettstapelbearbeitung mit handgeführten Oberfräsen existiert. Diese Zimmerleute/ Tischler oder auch Installateure benötigen produktspezifische "intelligente" Schablonen, mit denen z. B. die JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Anschlussdose aus den Brettstapelelementen ausgefräst werden kann. Ähnlich wie beim Zeichnen, kann man entlang einer auf die Biegeradien der JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Rohre hin optimierten Schablone die Konturen der Rohrleitungen ausfräsen.

Wie die wenigen realisierten Beispiele belegen, werden an die Kompetenz des Handwerkers bei der Brettstapeltechnik deutlich höhere Anforderungen gestellt. So einfach die Installation mit flexiblen Rohren z. B. für den nassen Betonbau bzw. das "offene System" Vorwandinstallation auch sein mag, der Installateur hat gelernt, sich auf die Positionen seiner "Zwangspunkte" Armaturenanschluss bzw. Verteilerbalken zu konzentrieren. Über die Reihenfolge der Anschlüsse, der Anordnung und Radien der Rohrleitungen mussten keine Festlegungen getroffen werden.

Anders bei der Brettstapeltechnik, auch hier liegen die Positionen der "Zwangspunkte" fest. Um Kreuzungspunkte (= tieferes Eintauchen des Fräswerkzeugs) oder auch Umwege (Bearbeitungszeit fürs Fräsen, längere Rohrleitungen, höhere Kosten) einzusparen, muss der Armaturenanschluss, die Leitungsführung und Zuordnung des Anschlusses am Verteilerbalken genau überlegt sein. Industrietechnisch ist das "verwandte Problem" bei der Leiterplattenoptimierung längst gelöst; die Frage ist nur, wie sieht die adäquate Unterstützung eines Handwerkers/Installateurs aus, der mit seiner Oberfräse diesen "Christbaum von Rohrleitungen" übersichtlich und passgenau aus dem Brettstapelelement ausfräsen und einlegen will.

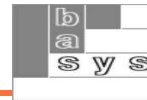
In diesem Kontext sehen die BASYS-Projektpartner einen strategisch wichtigen Bereich, die Praxiserfahrungen des Handwerks im Unternehmen JRG GUNZENHAUSER AG gezielt zu bündeln. Zur gegenseitigen Unterstützung bietet sich das Internet als mögliches Forum/Netzwerkknoten an. Denkbar sind jedoch auch komplexere Lösungen, etwa in Form eines Internet-Konfigurators, beispielsweise um Handwerker-Kunden gezielt zu unterstützen, die Leitungsführung zu optimieren.

#### TOP 4

#### **Darstellung der Anforderungen an ein brettstapelgerechtes Heizkörper/-flächen-Anbindesystem auf der Basis von JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Systemkomponenten**

Das JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Calor-Installationssystem hat sich in der Schweiz seit der Markteinführung im Jahre 1990 mit steigendem Marktanteil zu einem universellen Heizkörper-Anschluss-System entwickelt. Durch die bewährte Rohr-in-Rohr-Technik ist die Auswechselbarkeit der unterputzverlegten wasserführenden Heizungsrohre möglich. Mit den Rohrdimensionen d 16 mm und insbesondere d 12 mm wird den Planern und Installateuren ein Heizkörper-Anschluss-System angeboten, das einen wirtschaftlichen und kostengünstigen Betrieb der Heizungsanlage ermöglicht.

Mit den spezifischen Anforderungen, die sich aus dem Anschluss und der Regelung von Heizkörpern ergeben, haben sich die Experten im Hause schon mehrfach beschäftigt. Es bestehen auch Kooperationen mit mehreren Herstellern von Zonenventilen, die auf den JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Verteilerbalken montiert werden. Einer der bekanntesten Kooperationspartner ist die Fa. Danfoss Wärme- und Kältetechnik GmbH, D - 63 130 Heusenstamm; [www.danfoss-waermeautomatik.de](http://www.danfoss-waermeautomatik.de). Für andere OEM-Anbieter werden die JRG SANIPEX<sup>®</sup>-Verteilerbalken auch mit 1/2 " Aussengewinde hergestellt.



Bei allen Verbesserungen und Weiterentwicklungen ist man bisher bei der Fa. JRG GUNZENHAUSER AG immer davon ausgegangen, dass die/der Heizfläche/-körper immer über eine JRG SANIPEX®-Anschlussdose angeschlossen wird. Nur dann lassen sich auch die Vorteile der bewährten Rohr-in-Rohr-Installationstechnik nutzen.

Wenn, wie in dem SHT-Sonderdruck über ein mit den Erfahrungen des BASYS-Forschungsprojektes realisiertes Bauvorhabens mit Lehmputz-Heizflächen dargestellt, der Heizungsvorlauf und -rücklauf mit mehreren T-Stücken (kammartig) ausgestattet wird, an denen die Teilheizflächen direkt angeschlossen sind, kann das heizmediumführende Innenrohr bei eventueller Beschädigung durch Nägel oder Bohrer nicht erneuert werden, ohne das Schutzrohr auf der ganzen Länge freizulegen. Der spezifische Vorteil der Rohr-in-Rohr-Technik ist bei dieser Installationsart nicht gegeben.

Wenn der Markt für Raumheizsysteme jedoch verstärkt Anbindesysteme verlangt, bei denen "in der Fläche" mehrere Teilheizkreise versorgt werden, dann wird man aus dem bestehenden JRG SANIPEX®-Produktspektrum sehr rasch Komponenten zur Systemlösung anbieten können. In der neuen MT-Technik stecken zusätzliche Potentiale für die moderne Heizungstechnik, um das Angebot in Richtung Heizflächen-Anschluss-Systeme gezielt zu erweitern.

#### **TOP 5:**

#### **Darstellung der Anforderungen an ein BUS-fähiges Armaturensystem auf der Basis von JRG SANIPEX®-Systemkomponenten**

Unter den Gesprächsteilnehmern herrscht Konsenz, dass die aktuellen Entwicklungen des elektronischen Armaturenmarktes sehr genau beobachtet werden sollten. Als "Komplex-Systemanbieter im Sanitärbereich und mit dem JRG SANIPEX®-Calorsystem bei der Raumwärmeversorgung ist man sich bewusst, dass die zukunftsweisenden Bussysteme auch die konventionellen Installationen und ihre Systemkomponenten verändern werden.

Die Investitionshürde ist für SmartHome-Technologien in Brettstapelhäusern, die mit CNC-Technologien - durch die Mobilisierung von Rationalisierungspotenzialen - bearbeitet werden, offenbar niedriger als im konventionellen Hausbau. Neu ist auch, dass die Technologiediskussion über intelligente Haussysteme gar nicht mehr öffentlich geführt wird. Die Akteure haben erkannt, dass hier durchaus ein Massenmarkt schlummert, der jedoch nur über Funktionalität und Kundennutzen erschlossen werden kann. Auf der anderen Seite stehen dem Nutzer mit dem Internet und dem Handy universelle und offene Kommunikationsplattformen zur Hausautomation und Gerätesteuerung zur Verfügung, die in Zukunft verstärkt zur Kundenansprache und Präsentation genutzt werden.

Wie unter TOP 4 diskutiert, ist die Fa. JRG GUNZENHAUSER AG generell an der Rückkopplung von Praxiserfahrungen mit JRG SANIPEX®-Produkten interessiert. Dieser Erfahrungstransfer bezieht die Systemkomponenten von OEM-Partnern oder auch Wettbewerbern mit ein. Wenn das BASYS-Forschungsprojekt eine Systemlösung für das Komplexproblem "Raumheizfläche/Heizkreisverteiler, Sicherheitsschalter 'offenes Fenster', Raumthermostat" hat, ist man bei der Fa. JRG GUNZENHAUSER AG gerne bereit, daraus eine marktfähige Modullösung zu entwickeln.

Pjotr Thomas  
HATI GmbH

## Anlage



Bild 1

Ausgehend von dem derzeit ausgereiftesten Installationssystem für den Holzbau wurde in einem ersten Arbeitsschritt bei der JRG SANIPEX® - Anschlussdose der vordere Befestigungsring weggefräst. Ergebnis ist die Anschlussdose für den sichtbaren Brettstapel



Bild 2

Designstudie: Brettstapelgerechte Universal-Anschlussdose.

Weiterentwicklung: Auch der hintere Befestigungsring ist abgefräst. Mit dieser universell einsetzbaren brettstapelgerechten Anschlussdose können wahlweise Armaturen auf der sichtbaren Seite der Brettstapelwand oder auf der OSB-Plattenseite angeschlossen werden.

## Anlage 7: Ausführungsbeispiele im BASYS-Kontext

Auf den folgenden Seiten sind **Ausführungsbeispiele** des projektbegleiteten Bauvorhabens Bornstedter Feld, Potsdam, **dokumentiert und in dem BASYS-Kontext beschrieben**.

Generell muss man jedoch vorausschicken, dass eine Integration der Haustechnik in die Brettstapel-/Holzrahmenbauelemente nicht geplant war.

Es handelt sich um Standardinstallationen, die sich von einer Massivhaus-Installation nicht unterscheidet.



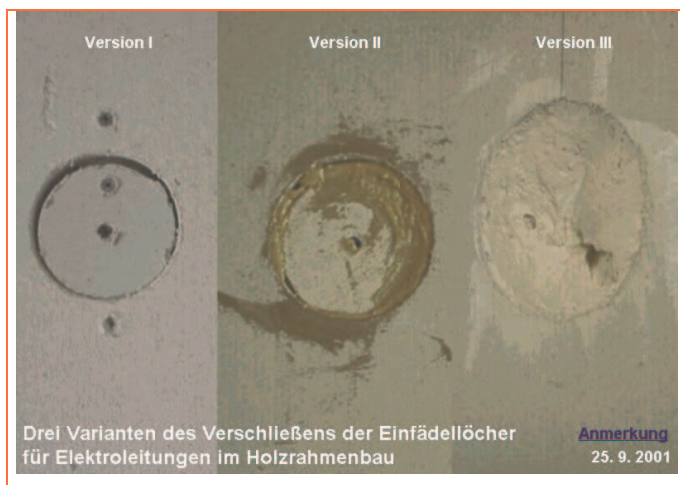
Hier erkennt man, dass zum nachträglichen Verlegen der Elektroleitungen zum Lichtschalter neben der Tür dieser Holzrahmenwand zwei zusätzliche Bohrungen und ein weiteres Loch im Sockelbereich erforderlich waren. Aus der Sicht eines Elektrikers sind diese Löcher zum Einfädeln der Schalterleitung hinter der Ferma-cellplatte sicherlich schnell realisiert.

*Montagelöcher zum Einfädeln der Elektroleitungen*

Ganz anders sieht es allerdings für die folgenden Gewerke aus.

Als externe Fachleute können wir keine Aussagen zu den spezifischen Kosten des Objektes machen. Den Personalaufwand zur Installation der Schalterdose und Leitungsverlegung (Länge ca. 1,20 m) in der Holzrahmenwand schätzen wir mit 90 Minuten.

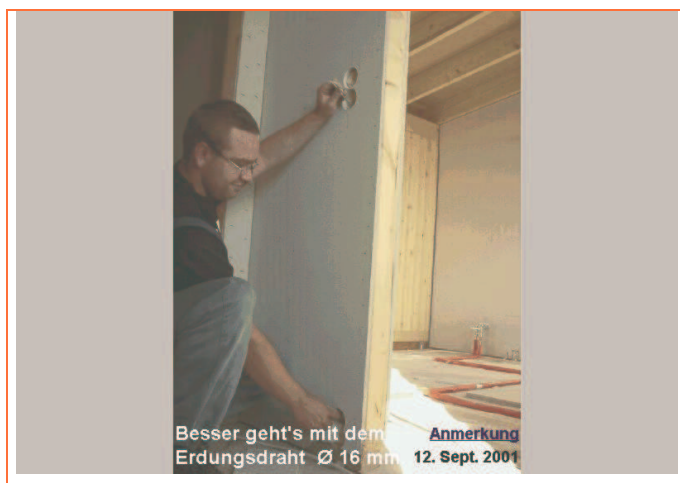




In der Version I wird zunächst eine ca. 12 cm lange Leiste auf der Fermacell-Innenseite mit zwei Spax-Schrauben befestigt, auf die in einem zweiten Arbeitsschritt der Bohrkern fixiert wird. In einem weiteren Arbeitsgang werden die Fugen mit Gips verschlossen, um einen planen und bündigen Anschluß an die Hauptplatte herzustellen.

*Varianten des Verschließens von Einfädellöchern*

In der Version II wurde der Bohrkern mit PU-Schaum in der Fermacellplatte befestigt.  
In der Version III wurde in mehreren Arbeitsgängen vom Rand her das Einfädelloch solange mit Gips verspachtelt, bis das ursprüngliche Loch geschlossen ist



Es hat ca. 4 Wochen gedauert, bis die Elektriker auf diese branchenspezifische Lösung mit einem stabileren Erdungsdraht gekommen sind. Durch diese Einfädelftechnik sind den nachfolgenden Gewerken erhebliche Kosten eingespart worden.

*Einfädelftechnik mit Draht*



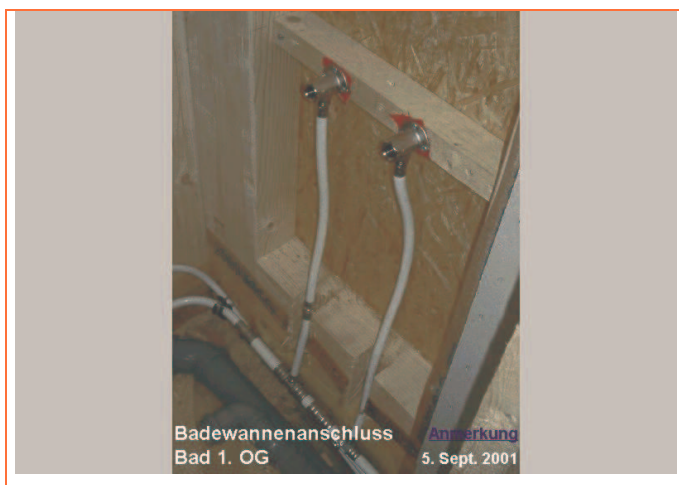
Auch ein Nichtfachmann erkennt, dass hier die sichtbare Brettstapelwand mit einem zu breiten und stumpfen Werkzeug bearbeitet wurde, um ein Kabel von ca. 10 mm Ø zu verlegen. Auch diese Wand wurde nachträglich mit Fermacell-Platten verkleidet, da der Aufwand, das Kabel mit einer Vollholz-Deckleiste zu verkleiden, deutlich höher ausgefallen wäre.

*Elektro-Kabel in sichtbarer Brettstapelwand*



In einem gedübelten Brettstapelhaus erlaubt die Kettensäge es Installateuren sich "Freiräume" zu schaffen, die sachlich nicht immer gerechtfertigt sind. Die beiden Schlitz sind dafür vorgesehen, jeweils eine Wasserleitung in der abgebildeten Dimension aufzunehmen.

*Vorbereitete Leitungsverlegung Kalt- und Warmwasser*



Bei dem ausgeführten Trinkwasseranschluß der Wannenfüll- und Brausebatterie sind die Regeln der Technik bezüglich des Schallschutzes nicht eingehalten. Ferner wurden **keine** Maßnahmen zum Schutz vor Kondenswasserbildung getroffen.

#### „Kondenswasser-Installation“

Die Problematik muss dem ausführenden Installateur bekannt sein, denn durch die Verwendung von Plastikresten hat er eine "thermische Trennung" zwischen Deckenwinkel und Querriegel (dient der Befestigung der Wannenfüll- und Brausebatterie) realisiert.

Die BASYS-gerechte Konstruktion besteht in der Verwendung von rundum gekapselten Armaturen-Anschlussdosen, die generell verhindern, dass an keiner Stelle Kondenswasser mit Holz in Berührung kommen kann. Diese Lösung wird auf der folgenden Seite dargestellt.



Das Bild zeigt die brettstapelgerechte Armaturen-Anschlussdose, die im Rahmen des BASYS - Vorhabens aus dem JRG SANIPEX® - System entwickelt wurde. Deren Alleinstellungsmerkmal ist die vollständige Kapselung, so dass Kondenswasser an keiner Stelle mit dem Holz in Berührung kommen kann.

#### Kondenswasser-sichere Anschlussdose

Selbst wenn sich in dem Schutzrohr Wasser sammeln würde, der flexible Übergang zum Schutzrohr hält einem Druck von zwei Meter Wassersäule (2 mWS) stand.



Temperaturregelung mittels Unterputz-Thermostatkopf für die Lehmwandheizflächen.

Die Funktion des Thermostatkopfes wird in gewissen Zeiten durch direkte Sonnenbestrahlung beeinflusst und erfüllt somit nicht die korrekte Regelfunktion.

Lokale und regionale Randbedingungen, wie Sonnenstände und Verschattungen müssen bei der Planung berücksichtigt werden.

*Unterputz-Thermostatkopf für Wandheizfläche*

Bearbeitung:

Peter Thomas, Fa. Hati

Frank Schelling, S&H Solar-Energiekonzepte GmbH

# Verbundvorhaben

Lebenszyklusoptimierte Systemlösungen für  
verdichteten Wohnungsbau mit  
Massivholztechnologie (Basys)

## Teilprojekt

Bauwerks-, Kommunikationsmodell, www-  
Plattform, Bauablaufplanung,  
Simulationsprogramme, Visualisierung

Abschlußbericht über ein Forschungsprojekt

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit  
Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und  
Forschung unter dem Förderkennzeichen 19 W0032C  
gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung  
liegt bei

Prof. Dr. Niklaus Kohler

Bearbeitung:  
Michael Zwölfer,  
Claus-Jürgen Schink (Kommunikationsmodell, www-  
Plattform)

Karlsruhe im August 2002

# Inhalt

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| <b>1.</b>   | <b>Kurzfassung .....</b>                              | <b>6</b>  |
| <b>2.</b>   | <b>Übersicht .....</b>                                | <b>8</b>  |
|             | Die Partner .....                                     | 8         |
|             | Aufbau des Schlußberichtes .....                      | 9         |
| <b>2.1.</b> | <b>Gesamtziel .....</b>                               | <b>9</b>  |
|             | Offenes Bausystem .....                               | 10        |
|             | Nachhaltigkeit .....                                  | 10        |
| 2.1.1.      | Ziele Anforderungsmodellierung .....                  | 11        |
| 2.1.2.      | Ziele Bauwerksmodellierung .....                      | 12        |
| 2.1.3.      | Ziele Kommunikationsmodellierung .....                | 12        |
| <b>2.2.</b> | <b>Voraussetzungen .....</b>                          | <b>13</b> |
| 2.2.1.      | Organisatorische Voraussetzungen .....                | 13        |
|             | Inkrementelles Vorgehen .....                         | 14        |
|             | Integrale Planung .....                               | 14        |
|             | Virtuelles Unternehmen .....                          | 15        |
| 2.2.2.      | Technische Voraussetzungen .....                      | 15        |
|             | Anpassbarkeit an Kundenwünsche .....                  | 15        |
|             | Diversifizierbarkeit der Wertschöpfungskette .....    | 16        |
|             | Integrierbarkeit der Haustechnik .....                | 17        |
|             | Das angewandte Brettstapelsystem .....                | 17        |
| 2.2.3.      | Voraussetzungen Anforderungsmodellierung .....        | 18        |
| 2.2.4.      | Voraussetzungen Bauwerksmodellierung .....            | 18        |
|             | Die eingesetzte Software .....                        | 19        |
|             | Schnittstellenlösung .....                            | 19        |
|             | Parametrisierbarkeit .....                            | 20        |
|             | Kopplung von Planung und Vorfabrikation .....         | 20        |
| 2.2.5.      | Voraussetzungen Kommunikationsmodellierung .....      | 21        |
| <b>2.3.</b> | <b>Wissenschaftlicher und technischer Stand .....</b> | <b>22</b> |
|             | numerisch gesteuerte Holzbearbeitung .....            | 23        |
|             | Brettstapelsysteme .....                              | 23        |
| 2.3.1.      | Stand Anforderungsmodellierung .....                  | 23        |
| 2.3.2.      | Stand Bauwerksmodellierung .....                      | 23        |

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
|             | Drawing eXchange Format (= DXF) .....                                 | 24        |
|             | Industry Foundation Classes (=IFC) .....                              | 24        |
|             | Programmierwerkzeuge .....  | 25        |
| 2.3.3.      | Stand Kommunikationsmodellierung .....                                | 26        |
| <b>2.4.</b> | <b>Quellen und Fachliteratur .....</b>                                | <b>27</b> |
|             | Anforderungsmodellierung .....  | 27        |
|             | Holzbausysteme .....  | 27        |
|             | Bauwerksmodellierung .....  | 28        |
|             | Kommunikationsmodellierung .....                                      | 28        |
| <b>2.5.</b> | <b>Zusammenarbeit .....</b>   | <b>31</b> |
|             | Anforderungsmodellierung .....  | 32        |
|             | Bauwerksmodellierung .....  | 32        |
|             | Kommunikationsmodellierung .....                                      | 32        |
| <b>3.</b>   | <b>Ergebnisse .....</b>   | <b>34</b> |
| <b>3.1.</b> | <b>Gemeinsame Ergebnisse .....</b>                                    | <b>34</b> |
| 3.1.1.      | Die Architektur .....   | 34        |
|             | Konstruktive Detaillierung .....                                      | 34        |
| 3.1.2.      | Das Installationssystem .....   | 35        |
|             | Bauteiladaptierter Ansatz (System von Schächten u. Kanälen) .....     | 36        |
|             | Aufputzsystem .....   | 38        |
|             | Bauteilintegrierter Ansatz (Rohr-im-Rohr-System) .....                | 38        |
|             | Zugänglichkeit .....  | 43        |
| <b>3.2.</b> | <b>Anforderungsmodellierung .....</b>                                 | <b>45</b> |
| <b>3.3.</b> | <b>Bauwerksmodellierung .....</b>                                     | <b>45</b> |
| 3.3.1.      | Theoretische Vorüberlegungen .....                                    | 45        |
|             | Parametrisierung .....  | 46        |
|             | Kern-Schale-Konzept (Schichtaufbau) .....                             | 48        |
|             | Innere Bauteilorganisation, Bauteilstoss (Aufteilung Schichten) ..... | 49        |
|             | Interoperabilität .....   | 50        |
|             | Umsetzungsansatz .....  | 51        |
|             | Funktionsweise einer Schnittstellenlösung .....                       | 52        |
| 3.3.2.      | Praktische Umsetzung einer Schnittstellenlösung .....                 | 55        |
|             | Halbwertszeit von Software .....                                      | 55        |
|             | Qualität von Schnittstellen .....                                     | 55        |
|             | Die realisierte Schnittstellenlösung .....                            | 56        |
|             | Die Systemplanung .....   | 56        |

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
|             | Die Entwurfsplanung .....  | 57        |
|             | Die Fertigungsplanung .....  | 59        |
| 3.3.3.      | CAD-CAM-Schnittstelle .....  | 61        |
|             | Prinzipieller Aufbau der CAD-CAM-Kopplung .....                    | 61        |
|             | Kontinuierlich gekrümmte Fräsbahnen .....                          | 63        |
|             | nicht behebbare Defizite .....                                     | 63        |
|             | Eigenschaften von Fräsungen .....                                  | 64        |
|             | Optimierungspotenziale .....                                       | 65        |
|             | Regeln für das Fräsen .....  | 67        |
| 3.3.4.      | Konvertierung von Speedikon-Objekten in ACIS-Volumenkörper .....   | 68        |
| 3.3.5.      | Schlussfolgerung .....   | 70        |
|             | integrale Planung .....  | 70        |
|             | Kopplung von Planung und Fertigung .....                           | 70        |
|             | Zukunft der Schnittstellen .....                                   | 71        |
| <b>3.4.</b> | <b>Kommunikationsmodell .....</b>                                  | <b>72</b> |
| 3.4.1.      | Erfahrungen und Akzeptanz der Nutzer mit der Basys-Plattform ..... | 73        |
| 3.4.2.      | Zentrale Arbeitsoberfläche .....                                   | 74        |
| 3.4.3.      | Projektraum .....  | 77        |
| 3.4.4.      | Projektbeteiligtenliste & Kommunikationsschnittstelle .....        | 77        |
| 3.4.5.      | Dokumentenmanagement & Workflow .....                              | 78        |
| 3.4.6.      | Projektplanung und Steuerung .....                                 | 82        |
| 3.4.7.      | Kompetenzlandkarte für Software und Kenntnisse .....               | 84        |
| 3.4.8.      | Wirtschaftlichkeitskontrolle der Projekte .....                    | 85        |
| 3.4.9.      | Qualitätsmanagement innerhalb der Projektplattform .....           | 88        |
| <b>3.5.</b> | <b>Nutzen .....</b>  | <b>91</b> |
|             | Nutzen Kommunikationsmodell und Plattform .....                    | 91        |
| <b>3.6.</b> | <b>Fortschritt .....</b>   | <b>92</b> |
|             | Fortschritt Kommunikationsmodell .....                             | 92        |
| <b>3.7.</b> | <b>Veröffentlichungen .....</b>                                    | <b>94</b> |
|             | Seminare und Vorträge .....  | 94        |
|             | Messen .....   | 94        |
|             | geplante Veröffentlichungen .....                                  | 94        |
|             | internet - Plattformen .....                                       | 95        |
| <b>4.</b>   | <b>Erfolgskontrollbericht .....</b>                                | <b>96</b> |
| <b>4.1.</b> | <b>Beitrag zu den förderpolitischen Zielen .....</b>               | <b>96</b> |



|             |   |            |
|-------------|---|------------|
| <b>4.2.</b> | <b>Wissenschaftlich technische Ergebnis .....</b>               | <b>98</b>  |
| <b>4.3.</b> | <b>Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende .....</b> | <b>99</b>  |
| <b>4.4.</b> | <b>Präsentationsmöglichkeiten .....</b>                         | <b>100</b> |
| <b>4.5.</b> | <b>Einhaltung Zeit und Finanzplan .....</b>                     | <b>101</b> |
| <b>4.6.</b> | <b>Verwertbarkeit der Ergebnisse .....</b>                      | <b>101</b> |
| <b>4.7.</b> | <b>Schutzrechte .....</b>                                       | <b>102</b> |
| <b>4.8.</b> | <b>Arbeiten ohne Lösungen .....</b>                             | <b>102</b> |
| <b>5.</b>   | <b>Verzeichnis der Abbildungen .....</b>                        | <b>103</b> |
|             | <b>Anhang .....</b>   | <b>105</b> |

## 1. Kurzfassung

Das Verbundvorhaben „Lebenszyklusoptimierte Systemlösungen für verdichteten Wohnungsbau mit Massivholztechnologie“, Kurzname Basys, ist ein Entwicklungs- und Demonstrationsprojekt, das Entwicklung und Anwendung eines **offenen Bausystems für nachhaltiges Bauen** in einem virtuellen Unternehmen demonstriert.

Das Bausystem wurde von 4 Partnern aus der Bauwirtschaft und einem spezialisierten Hochschulinstitut in einem **integralen Planungsprozess** entwickelt.

Unter Anwendung einer **Massivholztechnologie** erfüllt es die überwiegende Zahl der Anforderungen des **verdichteten Wohnungsbaus** sowie die Herstellung von Unikaten.

Dem Institut für industrielle Bauproduktion (= ifib) oblag das Teilvorhaben „Bauwerks- und Kommunikationsmodell, www-Plattform, Bauablaufsplanung, Simulationprogramme und Visualisierung“.

Es ging dabei zunächst um **praktische digitale Dienstleistungen**, welche zwei grundlegende Bereiche des Verbundvorhabens abdecken:

Zum einen die Organisationsform von Basys als **virtuelles Unternehmen** verteilt arbeitender Partner, die über eine **Internetplattform** kommunizieren.

Zum anderen das von allen Partnern gemeinsam entwickelte Bausystem für die Brettstapelbauweise, mit einer Kopplung von Planung und Fertigung durch eine **geschlossene CAD-CAM-Kette**.

Beide Bereiche hängen eng zusammen und werden gleichermaßen durch die in Basys praktizierte Kooperationsform der integralen Planung bestimmt.

Aus der Anwendung gewonnene Erkenntnisse fließen direkt in die **theoretische Gebäude- und Kommunikationsmodellierung** am ifib ein.

Im Bereich der **Kommunikationsmodellierung** wurde eine eigene, www-basierte Internetplattform für **Dokumentenaustausch, Qualitäts- und Projektmanagement** entwickelt und angewendet. Diese Plattform ist mittlerweile erprobt und befindet sich im Einsatz bei weiteren Projekten in der Forschung und Entwicklung sowie bei privatwirtschaftlichen Projekten.

Besonders innovativ ist dabei die Integration einer marktgängigen **Software für Projektmanagement**.

Im Bereich der **Gebäudemodellierung** wurde eine Schnittstellenlösung zur Kopplung der meisten innerhalb von Basys bei Planung und Fertigung verwendeten Software implementiert. Dabei kamen neben eigenen auch kommerzielle Entwicklungen zum Zuge. Die **lebenszyklusorientierte Entscheidungsfindung** erfolgt mit der Software **LEGOE**. Für sie wurde eigens eine ODBC-Schnittstelle zur vorliegenden CAAD-Software des Architekten im Fremdauftrag entwickelt.

Das Verbundprojekt Basys zeigt einen Weg auf, wie innerhalb eines integralen Planungsteams Daten von einer nachhaltigkeitsorientierten Konzeption bis zur Fertigung gelangen. Für das beteiligte Holzbauunternehmen wurde die **direkte Ansteuerung eines CNC-Bearbeitungszentrums für großflächige Bauteilbearbeitungen** aus der CAD des Planers heraus realisiert und erprobt.

In diesem Zusammenhang arbeitete das ifib maßgeblich an der Entwicklung CNC-gerechter und auf den Lebenszyklus optimierter Details zur **Integration der Haustechnik in der Brettstapelbauweise** mit. Als besondere Innovation im Holzbau können vollständig gekapselte, **bauteilintegrierte Sanitärleitungen mit splineartigen Leitungswegen** vorgewiesen werden.

Die für das Handwerk relevanten Aspekte fanden dabei von der Nachvollziehbarkeit der Leitungsführung bis zu den Möglichkeiten der Nischenbildung rund um die Brettstapelbauweise besondere Berücksichtigung.

## 2. Übersicht

Dieser Bericht stellt nur eine Auswahl der Gesamtergebnisse des Verbundvorhabens dar sowie eine Gewichtung aus der Sicht des Instituts für industrielle Bauproduktion (= ifib). Außer dem ifib sind noch die nachfolgend genannten Partner am Verbundvorhaben beteiligt; Für ein vollständiges Bild sind deren Schlußberichte ebenfalls zu berücksichtigen.

### Die Partner

#### Lebenszyklus:

Holger König,  
Ascona, Gesellschaft für ökologische Projekte GbR, Gröbenzell  
Koordination und Lebenszyklussimulation

#### Architekt:

Joachim Eble Architektur, Tübingen, Berlin  
Architektur und Stadtplanung

#### Holzbauunternehmen:

Merkle GmbH, Bissingen Teck  
Produktion und Fertigung

#### Fachunternehmen für Haustechnik:

S&H, Solar- Energiekonzepte GmbH, Hechingen  
Planung und Ausführung

Als externer Partner, der jedoch regelmäßig an den Treffen der Projektpartner teilnahm ist Dipl. Ing. Peter Thomas aus Berlin zu nennen. Sein Engagement galt der handwerksadäquaten Dokumentation von Bauleistungen und Produkten sowie der bauteilintegrierten Installationsführung unter ökologischen Gesichtspunkten.

## Aufbau des Schlußberichtes

Im ersten Teil dieses Schlußberichtes werden zunächst das Gesamtziel des Verbundvorhabens Basys sowie die vom ifib verfolgten Ziele aufgerollt. Danach erfolgt eine detaillierte Darstellung all der Voraussetzungen, die den Rahmen für die Forschungs- und Entwicklungsarbeit des ifib gebildet haben. Dies erfolgt in mehreren Schritten; Die Schilderung des wissenschaftlichen und technischen Standes, die Nennung der Quellen und die Beschreibung der praktizierten Zusammenarbeit mit externen Partnern sind dabei in eigene Abschnitte gefaßt.

Die in den ersten beiden Teilen dargestellten Inhalte waren überwiegend bereits bei Antragstellung bekannt. Jedoch haben sich die Schärfe der Sichtweise, die Erkenntnis von Abhängigkeiten und die Ausdifferenzierung in der Tiefe zum Teil erst durch die Bearbeitung ergeben. Insofern haben auch die ersten beiden Teile des Schlußberichtes Ergebnischarakter.

Der dritte Teil des Schlußberichtes ist der ausgiebigen Darstellung der reinen Ergebnisse gewidmet. Auch hier erfolgt vorneweg jeweils eine allgemeine Darstellung der Ergebnisse des Gesamtvorhabens, gefolgt von den konkreten Ergebnissen des ifib.

Der vierte Teil des Schlußberichtes beinhaltet den Erfolgskontrollbericht, eine Art Resümee und Soll-Ist-Vergleich. Ihm folgt ein Abbildungsverzeichnis und der Anhang mit Codebeispielen.

### 2.1. Gesamtziel

Das Verbundprojekt Basys ist ein Entwicklungs- und Demonstrationsprojekt in welchem fünf Partner aus der Bauwirtschaft sowie ein Hochschulinstitut sich zusammen geschlossen haben, um die Entwicklung und Anwendung eines offenen Bausystems für nachhaltiges Bauen in einem virtuellen Unternehmen zu demonstrieren. Das Bausystem soll unter Anwendung einer Massivholztechnologie die überwiegende Zahl der Anforderungen des verdichteten Wohnungsbaus erfüllen und die Herstellung von Unikaten ermöglichen. Die drei vorrangigen Gesamtziele sind:

- Die Entwicklung und Optimierung des Bausystems nach den Kriterien der Nachhaltigkeit und unter Berücksichtigung des ganzen Lebenslaufs eines Wohngebäudes.

- Die Unterstützung einer kundenindividuellen, maßgeschneiderten Fertigung von Wohngebäuden im Bereich des verdichteten Flachbaus.
- Die konsequente Nutzung des Internet für die Entwicklung des Bausystems sowie für die Abwicklung damit zusammenhängender Bauprojekte.

### Offenes Bausystem

Unter einem offenen Holzbausystem wird hier eine umfassende Produktkonzeption verstanden, welche die Komplexität im Holzbau mit allen Teilaspekten integriert. Eine besondere Rolle in Basys spielt dabei neben den bauphysikalischen Besonderheiten einer diffusionsoffenen Bauweise die Integration der Haustechnik und die teilweise Integration des Ausbaus in den Rohbau.

Das System ist im Gegensatz zu geschlossenen oder Baukastensystemen allerdings nicht determiniert; es beschreibt höchstens circa achtzig Prozent der auftretenden Fälle, die übrigen Situationen können aufgrund der Offenheit bewältigt werden, indem partielle Abwandlungen des Systems individuell geplant werden. Hierdurch werden auch Systemwechsel ermöglicht.

Als wichtige Anforderungen an das offene System wird dessen Einfachheit und somit Durchsetzungskraft gegenüber etablierten Bauweisen gesehen sowie in dessen numerischer Beschreibbarkeit, als wichtige Voraussetzung für Parametrisierbarkeit, Vorfabrikation und eine kundenorientierte Planung.

Für das System wird eine hohe Vorfabrikation und Integration der Haustechnik angestrebt, um die handwerklich zu beherrschende Komplexität auf der Baustelle auf ein Minimum zu reduzieren.

Die Definition der Elemente, der Module und der Grenzen des Systems ist Bestandteil des Forschungsvorhaben. Sie wird unter Federführung des beteiligte Architekturbüros entwickelt.

### Nachhaltigkeit

Die Ziele der Nachhaltigkeit werden im umfassenden Sinne unter Berücksichtigung jeder ihrer drei Dimensionen angestrebt: ökologische Aspekte werden ebenso berücksichtigt wie sozio-kulturelle und ökonomische.

In ökologischer Hinsicht zielt das Bausystems v.a. auf die Minimierung von Energie- und Stoffflüssen, die CO<sub>2</sub>-Minimierung sowie die Schonung von Ressourcen.

In sozio-kultureller Hinsicht wird versucht, das System bezüglich Nutzwert und Qualität zu entwickeln. Daraus leitet sich das Ziel einer langfristigen und individuellen Anpassbarkeit des Systems an den Kunden ab. Die Anpassbarkeit wird gleichermaßen für die Planungsphase angestrebt wie später für die Nutzungsphase der realisierten Objekte (Erhaltung, Modernisierung, Umbau, Abbruch).

In ökonomischer Hinsicht schließlich werden drei Zielebenen anvisiert:

Auf volkswirtschaftlicher Ebene zielt das System auf die Ausnutzung der vorhandenen, handwerklichen Strukturen, um dadurch das vor genannte Ziel des Nutzwertes über den gesamten Lebenszyklus zu erreichen.

Auf betriebswirtschaftlicher Ebene besteht das Ziel in der Rationalisierung der Planungs- und Produktionsabläufe durch Entwicklung einer möglichst geschlossenen Kette des Informationsflusses zwischen Planern und Ausführenden (CAD-CAM-Kopplung), welche reibungsarm über das Internet abgewickelt wird.

Auf der Ebene des individuellen Bauherren und Nutzers schließlich, besteht das ökonomische Ziel in der Kostenoptimierung des Systems unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus.

Die Entwicklung einer lebenszyklusoptimierten Brettstapelbauweise wird durch den Partner Holger König, Ascona GbR, Gröbenzell koordiniert.

Der Arbeitsplan des Vorhabens Basys sieht für das ifib die im folgenden genauer beschriebene Teilziele bezüglich der Anforderungsmodellierung, der Bauwerksmodellierung und der Kommunikationsmodellierung vor.

## 2. 1. 1. Ziele Anforderungsmodellierung

Bei der anforderungsorientierten Planung geht es darum, konkrete und abstrakte, quantitative und qualitative Ziele gleichwertig nebeneinander zu stellen, um der einseitigen Berücksichtigung monetärer Ziele vor allem zu Lasten nachhaltiger Entwicklungen vorzubeugen.

Zentrale Instrumente sind die Nutzwertanalyse sowie zielorientierte, fachübergreifende Pflichtenhefte, in welchen die komplexen Ziele eines gesamten Projektes zusammengetragen und verwaltet werden.

Für beide Instrumente ist eine Klassifizierung und Strukturierung der Ziele erforderlich. Das ifib übernimmt für das Bausystem von Basys die Entwicklung

einer Zielstruktur, welche hier Anforderungsmodell genannt wird. Die Struktur ist als Ausgangspunkt für lebenszyklusorientierte Planungs- und Fertigungsverfahren gedacht.

## 2. 1. 2. Ziele Bauwerksmodellierung

Bei der interdisziplinären Entwicklung eines Bausystems sind per Definition eine Vielzahl von Fachleuten involviert, deren Kompetenzen sich in einer entsprechenden Anzahl an erforderlicher Spezialsoftware widerspiegelt. Gegenwärtig existiert noch kein zentrales Gebäudemodell, welches alle Teilaspekte der Planungs- und Bauphase oder gar der darauf folgenden Phasen befriedigend koordiniert, sondern jede Software benutzt ihr eigenes Modell. Dadurch entsteht eine heterogene Softwarelandschaft von Insellösungen mit weitreichenden strukturellen und inhaltlichen Inkompatibilitäten. Die Folge sind erhebliche Behinderungen beim Datenaustausch.

Vor diesem Hintergrund verfolgt das ifib in Basys zunächst das Ziel, eine pragmatische, auf die reale Situation des virtuellen unternehmen abgestimmte Schnittstellenlösung (Punkt-zu-Punkt-Kopplung) für eine durchgängige CAD-CAM-Kette zu implementieren.

Die aus diesem Vorhaben gewonnenen Erkenntnisse sollen akkumuliert werden und als Basis für ein theoretisches Gebäudemodell dienen, welches über die Planungs- und Bauphase hinaus auch die weiteren Abschnitte im Lebenszyklus berücksichtigt. Mit diesem Ansatz soll die Vergleichbarkeit zu bestehenden Modellierungsansätzen hergestellt werden.

Ein Bauwerksmodell für das Bausystem von Basys soll die Kopplung von Planung und Fertigung unterstützen. Im Fokus steht dabei speziell die Kooperation des Bauteams und damit auch die Grenzziehung zwischen werkseitigen und bauseitigen Leistungen. Damit spielen neben der Planung auch die Prozesse der Vorfabrikation und Montage eine bedeutende Rolle.

## 2. 1. 3. Ziele Kommunikationsmodellierung

(von Claus-Jürgen Schink)

Wir streben die Kopplung der für den Bauprozess nötigen Informationen in dem Kommunikationsmodell an und wollten fachübergreifende Schnittstellen untersuchen, deren zeitlichen Ablauf, sowie die Integration der am Prozess Beteiligten optimieren.



Ein netzbasiertes digitales Bauprojektmodell sollte die Verzahnung zwischen Planung, Fertigung und Montage ermöglichen.

Die fehlenden Teile und dabei auftretende Probleme sollten innerhalb des Projektes entwickelt, bzw. gelöst werden.

In diesem Anwendungsprojekt flossen die gewohnte Praxis der Projektpartner, neue Bautechnologien (Brettstapelholz) und semi-etablierte Technologien für das verteilte, kooperative Arbeiten zusammen.

Ein weiterer Aspekt bestand in der Anwendung und Integration von Qm-Funktionalitäten innerhalb der Projektplattform und die Ergebnisse für künftige Projekte musterhaft zu sichern. Dies sollte sich jedoch nicht nur auf die Lenkung von Dokumenten und Daten beschränken, sondern die gesamte Organisation des Bauprozesses betrachten.

Weitere Hauptziele bestanden in der gemeinsamen Termin- und Kapazitätsplanung innerhalb des virtuellen Unternehmens. Daraus resultierend eine Optimierung der Abläufe und eine Abstimmung von Fertigung und Montage.

Die Basys- Kooperationsplattform sollte während der gesamten Projektdauer nicht nur dem Forschungsprojekt dienen, sondern auch projektbegleitend andere Bauprojekte unterstützen.

## 2.2. Voraussetzungen

Bei der Betrachtung der allgemeinen Voraussetzungen für die Arbeit im Verbundvorhaben Basys werden nachfolgend organisatorische und technische Voraussetzungen unterschieden, von denen alle Teilbereiche gleichermaßen betroffen sind.

Darauf folgen drei eigene Kapitel, in denen auf die speziellen Voraussetzungen für die Arbeitsfelder des ifib eingegangen wird.

### 2.2.1. Organisatorische Voraussetzungen

Der wichtigste organisatorische Hintergrund für alle Teilbereiche des Verbundvorhabens wird durch die angestrebte Vorgehensweise gebildet.

## Inkrementelles Vorgehen

Ziele, Struktur und vor allen Dingen der Zeitrahmen des Verbundvorhabens lassen keinen strengen Top-Down-Ansatz mit vorgeschalteter, holistischer Lösung der Modellfragen und anschließender Anwendung und Evaluation derselben zu. Sie erzwingen vielmehr eine feinstufige, inkrementelle Vorgehensweise mit weitgehender Parallelität von Entwicklung und Anwendung. Der Vorteil liegt in der direkten Rückkoppelbarkeit erkannter Fehler in die Zielfindung und somit in einer erhöhten Fehlerfreundlichkeit.

Die praktische Umsetzung dieses Verfahrens erfolgt in Form einer über die gesamte Projektlaufzeit stetigen, begleitenden Validierung des Systems. Dazu gewähren alle Projektpartner Einblick in laufende Projekte, bei denen das Bausystem Bausys komplett oder auch nur in Teilaspekten angewand wird. Die gemeinsame Diskussion ermöglicht eine Evaluation der aktuellen Arbeitsergebnisse.

## Integrale Planung

Bei der Entwicklung des Bausystems Bausys wird die Methode der integralen Planung angewendet. Dies bedeutet hier, dass neben der üblichen horizontalen Kooperation zwischen Planern (Architekt, Statiker, Fachplaner etc...) gleichzeitig auch eine vertikale Kooperation zwischen Planern und Ausführenden stattfindet (Architekt, Statiker, Fachplaner, Zimmerei, Sanitärinstallateur etc...). Ziel der integralen Planung ist die Integration der Kompetenz aller Beteiligten zu einem frühen Stadium, um das Potenzial früher gemeinsamer Festlegungen voll auszuschöpfen. Dadurch kann eine Maximierung der Gesamtqualität bei gleichzeitiger Minimierung der Kosten aufgrund später und damit überproportional teurer Korrekturen erreicht werden.

Alle Planungsphasen werden gemeinsam und synchron abgearbeitet. Die Planungsinhalte werden statt im üblichen Bring-Verfahren (Push) unter allen Beteiligten in einem vollkommen transparenten Hol-Verfahren verteilt (Pull): alle Informationen sind für jeden jederzeit und von überall aus zugänglich.

Für das Bausystem Bausys ist die organisatorische Komplexität zunächst durch die Wahl der Partner innerhalb des Verbundvorhabens begrenzt: Rohbau und Ausbau sind komplett in der Hand eines Holzbauunternehmens gebündelt, der technische Ausbau komplett in der Hand eines anderen Fachunternehmens für Haustechnik, welches darüber hinaus auch noch Planung und Ausführung aus einer Hand einbringt.

Die Einbindung weiterer Firmen ist jedoch durch das System vorgesehen und

ergab sich bereits in den begleitenden Bauprojekten zur Evaluation des Bausystems.

### Virtuelles Unternehmen

Der unternehmerische Rahmen für die integrale Planung in Basys wird durch ein virtuelles Unternehmen gebildet. Die beteiligten Partner schließen sich zu einer temporären Interessengemeinschaft zusammen, ohne ihre Eigenständigkeit zu verlieren. Ziel der Gemeinschaft ist die Bewältigung einer konkreten Aufgabe zum Nutzen aller Beteiligten. Innerhalb des virtuellen Unternehmens besteht eine Partnerschaft zwischen Planern und Ausführenden. Diese Partnerschaft erstreckt sich auf den gemeinsamen Planungsgegenstand, auf den transparenten Umgang mit Wissen und Informationen und unter Umständen auch auf das Vergabeverfahren. Die Offenheit der Organisationsform ermöglicht die dynamische Einbindung weiterer Partner bei Bedarf.

## 2. 2. 2. Technische Voraussetzungen

Durch die Auswahl der Partner im Verbundvorhaben Basys, insbesondere des Holzbauunternehmens, ist die Massivholztechnologie in Form der Brettstapelbauweise gegeben.

Die Brettstapelbauweise ist eine Tafelbauweise, bei der Brettware unter Einsatz mechanischer Verbindungsmittel (Nägeln oder Hartholzdübel) zu massiven und weitgehend homogenen Tafeln verbunden wird. Diese Tafeln können als Decken, Wände und Dächer verwendet werden und es können Übergänge zu anderen Systemen realisiert werden.

Die Brettstapelbauweise bringt eine Vielzahl an Voraussetzungen aufgrund ihrer Eigenschaft als Massivholztechnologie, welche auf andere Massivholztechnologien übertragbar sind und im Folgenden an erster Stelle genannt werden. Danach werden die spezifischen Eigenschaften des Brettstapelsystems genannt, die das System des Holzbauunternehmens in Basys auszeichnen.

### Anpassbarkeit an Kundenwünsche

Die gute Anpassbarkeit ist eine allgemeine Eigenschaft von Holzbauweisen. Sie basiert auf der hohen lokalen Verfügbarkeit geeigneter Handwerker und unkomplizierter Bearbeitungswerkzeuge.

Bei der Brettstapelbauweise wird die gute allgemeine Anpassbarkeit von Holzbausystemen in der Planungsphase weiter verbessert, indem eine vollkommene Unabhängigkeit von einem Raster besteht: anders als beim Holzrahmenbau erfordern Umplanungen bei der Brettstapelbauweise keine neue Aufteilung der Stiele und Riegel bzw. der Module. Damit können Änderungen theoretisch noch im Stadium der Werk- und Montageplanung erfolgen.

Die Unabhängigkeit von Raster ist außerdem wesentliche Voraussetzung für eine Produktion auf Vorrat mit Verkauf von Brettstapelelementen ab Lager und damit für die kundenindividuelle Nachbearbeitung sowie Montage durch lokale Handwerksunternehmen.

Die Anpassbarkeit während der Nutzungsphase hängt dagegen wesentlich vom realisierten System im Detail ab und wird im Schlußbericht des Architekten dargestellt .

#### Diversifizierbarkeit der Wertschöpfungskette

Bei jedem Hersteller von Brettstapelelementen besteht eine enge Wechselwirkung zwischen den Eigenschaften seines Systems und seinem individuellen Produktionsverfahren, das maßgeblich durch den vorhandenen Maschinenpark festgelegt wird und diesen wiederum hervorbringt. Die verschiedenen Brettstapelsysteme unterscheiden sich von Hersteller zu Hersteller erheblich.

Trotzdem ist die Brettstapelbauweise eine lokal verfügbare Technologie. Sie eignet sich gut für eine arbeitsteilige Produktion mit schrittweiser, dezentraler Veredelung auf den unterschiedlichsten Stufen: die industrielle Vorfertigung und die Lagerhaltung von Rohlingen, die von lokalen Zimmereibetrieben weiterverarbeitet und montiert werden wird ebenso unterstützt wie die komplette Vorfabrikation ganzer Bauteile inklusive Wetterschale.

Damit bietet die Brettstapelbauweise gute Voraussetzungen für die Entwicklung ökonomischer Nischen innerhalb kleiner und mittelständischer Unternehmen im Bauwesen.

Die Diversifizierbarkeit der Wertschöpfungskette wird v.a. der Homogenität im Aufbau der Schichten verdankt und gilt somit in etwas höherem Maß für gedübelte Elemente als für genagelte.

## Integrierbarkeit der Haustechnik

Allgemeinhin wird die Homogenität von Brettstapel als ideale Voraussetzung für eine unkomplizierte Bearbeitung mit analog wie auch mit numerisch gesteuerten Werkzeugen gesehen. Damit herrschen offensichtlich gute Voraussetzungen für traditionelle Installationsverfahren, wie sie bei anderen Massivbauweisen -etwa dem Mauerwerksbau- angewandt werden: das arbeitsintensive Herstellen von Schlitzern und Aussparungen für Leitungsführung und Installationskörper.

Das Holzbauunternehmen in Basys verfügt über eine numerisch gesteuerte Multifunktionsbrücke mit feststehendem Wendetisch, die sich für das Bausystem Basys allerdings im Rahmen der Bearbeitung als suboptimal erwiesen hat (siehe Ergebnisse „CAD-CAM-Schnittstelle“ auf Seite 61).

In diesem Zusammenhang ist die derzeitige noch sehr geringe Marktdurchdringung mit geeigneten CNC-Anlagen für die großflächige Wandbearbeitung auch als wichtige Voraussetzung für das Bausystem und dessen Verbreitung am Markt zu nennen (siehe Stand der Technik „numerisch gesteuerte Holzbearbeitung“ auf Seite 23).

## Das angewandte Brettstapelsystem

Die Unterschiede in den gegenwärtig am Markt verfügbaren Brettstapelsystemen zeichnen sich stärker im Wand- als im Deckenbereich ab. Das System des Holzbauunternehmens in Basys verwendet für Wandelemente generell eine Beplankung aus OSB (Oriented Strand Board) auf der Aussenseite. Diese Schicht leistet sowohl die Aussteifung als auch die Dampf bremsende Wirkung und Winddichtheit; aber auch im Innenwandbereich erzwingt die Brettstapelbauweise ein mindestens einseitige Beplankung.

Sowohl für die Planung als auch für die Fertigung resultieren aus dieser Asymmetrie im Wandaufbau weitreichende Folgen, die im Ergebnisteil dieses Berichtes genannt werden.

Ein weiteres Merkmal des Systems des Holzbauunternehmens in Basys ist der hohe Anteil liegender Hölzer (Rähm und zweiteilige Schwelle), welche aus fertigungs- und montagetechnischen Gründen verwendet werden. Hierdurch erfolgt eine weitgehende Eingrängzung des Anwendungsbereiches auf drei Geschosse.

Die Herstellung von Rähm und Schwelle sowie der Feder am Brettstapelelement erfolgt im Werk mit einer eigens hierauf spezialisierten Maschine. Daraus ergibt sich ein geringer Spielraum für die Gestaltung und Befestigung dieser auch installationstechnisch stark beanspruchten Zone.

### 2. 2. 3. Voraussetzungen Anforderungsmodellierung

In Basys erfolgt die Anforderungsmodellierung durch Katalogisierung und Klassifizierung von Anforderungen in Form einer einfachen Textmatrix sowie durch Formulierung allgemeiner Konstruktionsregeln für ein nachhaltiges Bauen. Dafür liegen Voraussetzungen aus den folgenden Bereichen vor:

- Normative Bestimmungen.

Die normativen Bestimmungen unterliegen derzeit einem besonders starken Wandel, der durch den Vollzug der europäischen Einigung und der damit verbundenen Harmonisierung von Bestimmungen, Vorschriften und Klassifizierungen ausgelöst wurde. Der Bereich des Brandschutzes ist davon besonders betroffen und damit auch die Brettstapelbauweise als eine relativ junge, bis Mitte der Projektlaufzeit noch unregelte Holzbauweise.

- Konstruktive Voraussetzungen.

Der Rahmen für die Konstruktion wird wesentlich durch das Brettstapelsystem des Herstellers (s.o.) bestimmt.

- Zielbedingte Voraussetzungen.

als Grundlage einer lebenszyklusorientierten Planung und Fertigung muß die Anforderungsmodellierung die für diesen Zweck eingesetzte Software berücksichtigen: das Anforderungsmodell muß mindestens alle für die Lebenszyklusbetrachtung mit LEGOE erforderlichen Daten enthalten.

### 2. 2. 4. Voraussetzungen Bauwerksmodellierung

Bei der interdisziplinären Entwicklung eines Bausystems in einem virtuellen Unternehmen wie Basys entsteht die Komplexität des zugrundeliegenden Bauwerksmodells im wesentlichen durch die Breite der zu integrierenden Anforderungen sowie durch die Methode der Zusammenarbeit.

Die Breite der Anforderungen ist in Basys durch das Nebeneinander einer geometrischen Modellierung (Entwurfs-, Genehmigungs- und Werkplanung), einer strukturellen Modellierung (Kosten- und Fertigungsplanung) und einer qualitativen Modellierung (Lebenszyklusoptimierung) gegeben.

Die Methode der Zusammenarbeit ist in Basys durch die integrale Planung gegeben (s.o.); Wegen der gleichberechtigten Informationsströme in einem solchen Milieu, erfordert die integrale Planung im Idealfall einen bidirektionalen Datenaustausch zwischen allen Partnern.

### Die eingesetzte Software

Durch die Reduktion der ausführenden Partner im Verbundvorhaben auf das Holzbauunternehmen (kompletter Rohbau und Ausbau) sowie nur ein weiteres Fachunternehmen (komplette technische Gebäudeausrüstung) wurde die Zahl der Fachapplikationen praktisch bereits auf zwei eingeschränkt.

Der Architekt im Verbundprojekt setzt je nach Leistungsphase unterschiedliche Software ein. Für die Entwurfs- und Genehmigungsplanung benutzt er das Produkt Speedikon 4.5 von der IEZ AG. Dabei handelt es sich um eine Applikation zu AutoCAD 15 von AutoDesk. Für die Werkplanung setzt er AutoCAD 15 ohne Applikation ein.

Für die Lebenszyklusoptimierung wird das Programm LEGOE von der LEGOE GmbH eingesetzt.

Der Statiker (kein Partner in Basys) setzt das für den Holzbau spezialisierte Planungswerkzeug CadWork von Cad Work informatik Software GmbH ein.

Der Haustechnikplaner setzt AutoCAD 15 mit einer auf Haustechnik spezialisierten Applikation des Softwarehauses Linear ein.

Der Hersteller der Brettstapelelemente setzt das Produkt DHP von Dietrichs Software GmbH ein (ab 2001 DiCam des selben Herstellers).

Die in Basys verwendete Software ist somit häufig eine Zusatzapplikation zu AutoCAD.

### Schnittstellenlösung

Die im Verbundvorhaben Basys angestrebte inkrementelle Vorgehensweise erzwingt für die direkte praktische Evaluation eine Schnittstellenlösung, da die Entwicklung eines zentralen Gebäudemodells einen erheblichen zeitlichen

Vorlauf erfordern würde und somit der Parallelität von Entwicklung und Anwendung widerspricht.

Die gegebenen Programme verfügen laut Herstellerspezifikationen überwiegend über Standardschnittstellen wie DXF, DWG, acis-SAT und HLI, so dass bei Antragstellung mit der prinzipiellen Machbarkeit einer Schnittstellenlösung gerechnet werden konnte.

Im Abschnitt Ergebnisse „Praktische Umsetzung einer Schnittstellenlösung“ auf Seite 55 werden die vorliegenden Schnittstellen nochmals genauer unter die Lupe genommen.

### Parametrisierbarkeit

Die Unabhängigkeit von Raster und Submodul begründet für den Planer eine weit reichende Freiheit und erfordert bei der digitalen Beschreibung parametrisierbare Strukturen. Dies ist eine höhere Anforderung als für die starren modularen Systeme, welche im einfachsten Fall durch statische CAD-Zeichnungen (Blöcke, Symbole etc...) mit entsprechenden Bezugssystemen und Einfügepunkten beschrieben werden können.

In einem parametrischen Modell erfolgt die geometrische Beschreibung von Bauteilen nicht mehr absolut, wie bei modularen Systemen, sondern relativ und in Abhängigkeit zu Nachbarbauteilen. Zur Parametrisierung dienen Mengen (aufzählbare Typen), Ganzzahlen oder Gleitkommazahlen, deren gültiger Wertebereich jeweils durch einen Minimal- und einen Maximalwert definiert ist.

Im Abschnitt „Programmierwerkzeuge“ auf Seite 25 wird genauer auf die derzeit für den vorliegenden Anwendungsfall verfügbaren Systeme zur Softwareentwicklung eingegangen.

### Kopplung von Planung und Vorfabrikation

Im Verbundvorhaben Basys soll eine geschlossene CAD-CAM-Kette demonstriert werden. Darunter wird der Transfer aller relevanten Daten aus der Planung in die Fertigung und Maschinensteuerung verstanden, welcher verlustfrei und im Idealfall ohne wesentliche manuelle Eingriffe erfolgen soll. Für die Bauwerksmodellierung bedeutet dies, dass ein Weg für den Übergang von einem digitalen Planungsmodell in ein digitales Fertigungsmodell zu finden ist. Dieser Übergang ist gekennzeichnet durch eine strukturelle Verfeinerung der Gebäudegeometrie. Es besteht hierbei eine hohe



Abhängigkeit von der Leistungsfähigkeit der bereits erwähnten, vorhandenen Schnittstellen.

Bei der Vorfabrikation wird die Elektro-, Heizungs, Lüftungs- und Sanitärinstallation berücksichtigt. Dies erfordert eine Integration der Haustechnik in das Bauwerksmodell.

Im Rahmen der Bearbeitung wurden noch detailliertere Voraussetzungen festgestellt, welche im Ergebnisteil dieses Berichtes genannt werden.

## 2. 2. 5. Voraussetzungen Kommunikationsmodellierung

(von Claus-Jürgen Schink)

Zu Beginn des Projektes standen die Resultate der Forschungsprojekte INTESOL, RETEX, Infolog und die Erfahrungen aus der Lehre zu Verfügung.

An Kooperationsplattformen standen einige Lotus Notes Datenbanken aus anderen Projekten zu Verfügung.

Die Chancen und Risiken beim Arbeiten über das Netz konnten bereits in anderen Projekten erprobt werden.

Weitere Rahmenbedingungen stellten für uns die gute Netzinfrastruktur der Universität Karlsruhe dar.

Diese verfügt z.B. über eigene öffentliche IP-Adressen.

Ein zentrales Domain-Nameserver Verwaltungssystem ermöglichte uns das problemlose Betreiben eines eigenen Internetserver, ausschließlich für das Basys-Projekt. Diesen haben wir um zusätzliche Komponenten erweitert.

Schutz vor Hackern und Viren konnten durch die Firewall und die content filter des Rechenzentrums gewährleistet werden. Die Datensicherung erfolgte ebenfalls durch das Rechenzentrum auf dem universitätseigenen Backup-Roboter.

Neben dem reinen Internetserver, der die dynamischen Inhalte für die Nutzer erzeugte, setzten wir weitere Komponenten ein.

Zentraler Dreh- und Angelpunkt stellte eine leistungsfähige, relationale Datenbank dar, in der wir alle Informationen bereithielten.

Auf diese Griff der Internetserver zu, fragte anhand der Benutzereingaben die Datenbestände ab und erzeugte, simultan für beliebig viele Nutzer, unterschiedliche Sichten auf diesen gemeinsamen Datenbestand.

Eine weitere Komponente bestand in einem zentralen Mailserver, der die von der Plattform erzeugten Emails aufrief und an die Nutzer versendete.

In Bezug auf die endgültige Lösung der Kopplung von Datenbank, Webserver und weiteren Werkzeugen zur Simulation und Projektunterstützung (hier: im Wesentlichen das Programm LEGOE der LEGOE GmbH Dachau und Microsoft-Projekt) stellte sich heraus, dass die Datenbank eine zentrale Rolle spielen würde und vor allem die Fähigkeiten der relationalen Datenbank und das Vorhandensein adäquater Schnittstellen (ODBC/JDBC) einen Wechsel der bisher eingesetzten Datenbanken (LOTUS NOTES) erforderten.

Ein weiteres Problem bestand darin, dass die Daten innerhalb der bisher im Institut für Industrielle Bauproduktion verwendeten Lotus Notes Datenbanken untereinander nur schwer koppelbar waren. Die Notes-integrierten Programmierschnittstellen waren für unsere Zwecke nicht offen genug.

Die Rahmenbedingungen in Form von räumlich verteilten Projektpartnern (Berlin, Bissingen, Dachau, Karlsruhe, Tübingen) unterschiedlichen Fachdisziplinen und unterschiedliche Kenntnisstände können ohne Vorbehalte als eine reale, auch sonst in der Freien Wirtschaft anzutreffenden Bedingungen entsprechenden Umgebung betrachtet werden.

Die Anforderungen der Praxis und die Ziele der Integralen Planung führten zur direkten Umsetzung von Einzelmodulen innerhalb der Basysnetz-Plattform, auf die später im Text noch eingegangen wird.

### 2.3. Wissenschaftlicher und technischer Stand

Der wissenschaftliche und technische Stand bezüglich der Arbeitsfelder wird über die Projektlaufzeit durch Lektüre der Fachliteratur, Kontakt zu vergleichbaren Projekten und vor allem auch regelmäßige Messebesuche in den Bereichen digitale Technologien, Architektur, Holzbau und Haustechnik festgestellt.

## numerisch gesteuerte Holzbearbeitung

Laut Herstellerangaben existierten im Jahr 2000 ca. 20 - 30 Multifunktionsbrücken in Deutschland mit einer vergleichbaren Funktionalität wie die Anlage beim beteiligten Holzbauunternehmen.

## Brettstapelsysteme

Derzeit beschränken sich die meisten untersuchten Brettstapelsysteme auf drei Geschosse. Dies entspricht auch der baurechtlichen Situation in Deutschland und im Bearbeitungszeitraum, wonach 4 geschossige Holzbauten nur in Ausnahmefällen möglich und in den meisten Bundesländern 3 geschossige Wohnbauten aus Holz zulässig sind.

### 2. 3. 1. Stand Anforderungsmodellierung

Eine anforderungsorientierte Planung, die sich auf wissenschaftliche Methoden abstützt ist im Maschinenbau und in der Konsumgüterindustrie bereits vergleichsweise weit verbreitet. In der Architektur dagegen werden die Instrumente der Nutzwertanalyse und Pflichtenhefte seltener angewand.

### 2. 3. 2. Stand Bauwerksmodellierung

Die Gebäudemodellierung beschäftigt sich mit der Entwicklung von Gebäudemodellen und mit deren Hintergründen. Bei einem Gebäudemodell handelt es sich um eine spezielle Form eines Produktmodells für das Bauwesen.

Im Kontext dieses Schlussberichtes wird der Begriff Bauwerksmodell für ein spezifisches, auf die konkrete Situation im Verbundvorhaben bezogenes Gebäudemodell verwendet.

Heutige Anwendungssysteme im Bauwesen unterstützen jeweils nur einzelne Disziplinen und Professionen gleichzeitig und beschränken sich dort auf wenige Phasen im Lebenszyklus eines Bauwerks. Unter integrierten Produktmodellen versteht man ein Rahmenwerk zur Informationsmodellierung über die beteiligten Disziplinen und den gesamten Lebenszyklus eines Produktes. Derzeit ist dazu eine Kopplung mehrerer Anwendungssysteme erforderlich, welche die Informationen über ein Produkt von einem System in das andere übersetzen. Die Kopplung erfolgt über Schnittstellen.

Es existieren derzeit neben den unten aufgeführten, wichtigsten, allgemeinen Schnittstellen auch einige mit Spezialisierung auf den Holzbau. Aufgrund der gegebenen Softwarekonstellation spielen diese Schnittstellen innerhalb von Basys allerdings eine marginale Bedeutung, welche im Ergebnisteil diskutiert wird.

### Drawing eXchange Format (= DXF)

Die im Bauwesen am weitesten verbreitete Schnittstelle stellt derzeit noch das DXF/DWG-Format der Firma AutoDesk dar. Es dient der vollständigen Darstellung von AutoCAD-Zeichnungen und bildet ihre Strukturen und Inhalte ab. Es ist außerdem im Stande beliebige benutzerdefinierte Daten als sogenannte Extended Entity Data darzustellen. Vor der Version 14 von AutoCAD wurden lediglich graphische Primitive sowie Benutzerdaten abgebildet; Seit der Version 14 bildet DXF/DWG objektorientierte Klassenhierarchien ab.

Obwohl Industriestandard, bietet das DXF/DWG-Format keine echte „Sternkopplung“ über ein zentrales Modell, da es proprietär ist und damit die wichtige Anforderung der Neutralität nicht erfüllt. Praktisch äußert sich dies darin, dass Hersteller anderer Anwendungssysteme nur einen kleinen Teil des Umfangs implementieren mit dem Hinweis, ihre Objektstrukturen seien für das Format zu komplex. Damit beschränkt sich der mögliche Datenaustausch auf primitive, rein geometrische Informationen; semantische Informationen wie Bauteiltyp, Material, Geschoss etc... werden zwar teilweise über Block- und Layernamen, transportiert, mangels Standardisierung jedoch nicht von der empfangenden Software in adäquate Objekte aufgelöst. Benutzerdefinierte- und Anwendungsspezifische Informationen gehen gänzlich verloren.

### Industry Foundation Classes (=IFC)

Die Firma AutoDesk, weltweit viertgrößtes Softwarehaus im PC-Bereich, hat 1994 die International Alliance of Interoperability (=IAI) initiiert, um die Entwicklung eines neuen Industriestandards zu forcieren, der im Bauwesen die Interoperabilität ermöglicht. Ziel der IAI ist die Definition eines zentralen, hierarchischen Objektmodells, auf dessen Grundlage Softwarehersteller ihre Anwendungen implementieren können. Dieses Modell folgt dem Paradigma der Objektorientiertheit und wird Industry Foundation Classes genannt.

Im ersten Schritt geht es der IAI darum, die einheitliche Interpretation der Eigenschaften von Objekten durch alle IFC-kompatiblen Systeme

sicherzustellen: neben der geometrischen soll auch die semantische Information vom empfangenden System genutzt werden. Die Methoden der Objekte und damit ihr Verhalten soll erst später standardisiert werden.

Der aktuelle Stand bei den IFC ist das Release 2.x. Es bildet bereits mehrere Fachbereiche ab (Angebotsbearbeitung, Architektur, Facility Management, Technische Gebäudeausrüstung...).

Das Institut für Angewandte Informatik am Forschungszentrum Karlsruhe hat mit IFC-Daten intensive Loop-Tests (mehrfaches Ein- und Auslesen von Daten in unterschiedliche Systeme) durchgeführt. Ergebnis war eine mangelhafte Auflösung von Bauteilen im Bereich von Verschnitten und damit eine gegenwärtig noch sehr bedingte Tauglichkeit der IFC für die Belange aus der Fertigung.

### Programmierwerkzeuge

Die in Basys zum Einsatz kommenden Applikationen verwenden durchwegs proprietäre Datenformate. Darüber hinaus befindet sich die Entwicklung von Programmierschnittstellen für einen Zugriff auf diese Daten erst im Aufbau. Die IEZ AG hat im Jahr 2001 begonnen für Speedikon eine ActiveX-Schnittstelle zu implementieren. Nach Rücksprache mit der IEZ AG können damit zur Zeit jedoch die in Basys geforderten Funktionalitäten nicht erfüllt werden.

Eine objektorientierte Programmierung eigener Objekte für AutoCAD ist seit AutoCAD 14 möglich und erfordert unter AutoCAD 2000 die ObjectDBX (DataBase eXtension) sowie ObjectARX (AutoCAD Runtime eXtension) von AutoDesk. Dies sind Komponenten für die Entwicklung eigener CAD-Objekte mit MS-Visual C++, Version 6.0, sowie zur Einbindung solcher Objekte in AutoCAD. Mit dem Compiler werden zwei Dynamic Link Libraries erzeugt, welche zur Laufzeit dazugeladen werden und dadurch die Funktionalität von AutoCAD erweitern.

## 2. 3. 3. Stand Kommunikationsmodellierung

(Von Claus Jürgen Schink)

Durch den Besuch von Messen (NewCome Stuttgart 2001, ACS Frankfurt, 2002 Built IT Berlin) konnten wir sehr gut die "neuesten Trends" auf dem Bausektor mit unseren eigenen Arbeiten vergleichen.

Einige der in dem Basys-Projekt durchgeführten Kommunikationsmodule konnten bei keinem Hersteller gefunden werden. So sind dies z.B. die projektbezogene Zeit- und Kostenkalkulation auf Basis interner und externer Stundensätze mit zu Hilfenahme von tagesgenauen Arbeitszeitberichten.

Das sicherlich deutlichste Unterscheidungsmerkmal bestand in der reinen Konzentration auf Dokumentenmanagement bei den Industrielösungen.

Die Integration von kommunikativen Elementen (z.B. einer "who's online" Funktion, die nachfolgend erläutert wird) zur Arbeitsunterstützung fanden wir nicht.

Die Einbindung von Terminplänen innerhalb eines Internetbrowsers konnten wir ebenfalls bei keinem Hersteller finden.

Die Lösungen sind beliebig unter den einzelnen Herstellern austauschbar gewesen. Interessanterweise sollten diese Internetplattformen aber für bestimmte Zielgruppen gedacht sein. Z.B. ein Informationsdienst für Ingenieure.

In der Regel entstanden diese System aufgrund von Partikularinteressen der Geldgeber. Ein Verlag wünscht den Absatz seiner Bücher zu erhöhen und nicht den Bauprozess zu verbessern.

Die Möglichkeit der schnellen Erfassung von Projektinhalten und der integrale Arbeitsweise innerhalb des virtuellen Unternehmens konnten wir in den Industrielösungen in dieser Form nicht wiederfinden.

Ein projektspezifische Qualitätsmanagementsystem mit online verteilten Arbeits- und Verfahrensanweisungen ist nach unserem Wissen nicht existent. In der Basys Plattform haben wir ein zentrales Qualitätsmanagementhandbuch implementiert, das alle Beteiligten gemeinsam lesen und bearbeiten konnten. Damit wurden Arbeits- und Verfahrensanweisungen verknüpft, die den internen Arbeitsablauf standardisierten.

Einstimmiger Tenor aller kommerzieller Produkthersteller war jedoch, dass auf der Nachfrageseite, also den klassischen Architektur- und Ingenieurbüros zwar ein vermehrtes Interesse bestehe, es aber kaum zu Geschäftsabschlüssen kommt. Der eigentliche Motor für eine Entwicklung - die Nachfrage, ist nicht oder zumindest nur rudimentär vorhanden.

Die Möglichkeit des ubiquitären Zugriffes auf den gemeinsamen, zentralen Projektstruktur- und Terminplan ist augenscheinlich auf dem Markt in dieser Form nicht verfügbar.

## 2.4. Quellen und Fachliteratur

### Anforderungsmodellierung

Prof. Dr. Rudolf Fiedler: Strategisches Controlling von Projekten, Projektplanung, Projektsteuerung und Risikomanagement, Vieweg Verlag 2001

Leitfaden Nachhaltiges Bauen,  
Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen

13. Deutscher Bundestag: Konzept Nachhaltigkeit. Fundamente für die Gesellschaft von Morgen,  
Bonn 1997

Zwischenbericht der Enquete-Kommission: Schutz des Menschen und der Umwelt - Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen zukunftsverträglichen Entwicklung,  
13. Deutschen Bundestages, Bonn 1997

Schriftenreihe des Informationsdienst Holz:  
Heft April 1997, Erstellen von Ökobilanzen,  
Arbeitsgemeinschaft Holz, Düsseldorf

### Holzbausysteme

Schriftenreihe des Informationsdienst Holz:  
insbesondere Heft Dez. 2000, Holzbausysteme,  
Arbeitsgemeinschaft Holz, Düsseldorf

Prof. Dr. Bernhard Schwarz et al.: Entwicklung neuer Konzepte der technischen Gebäudeausrüstung für den Holzbau, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart 1999

Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, DVA 1989

### Bauwerksmodellierung

Industry Foundation Classes - Release 2x; IFC technical guide, International Alliance of Interoperability, Oktober 2000

IFC Object Model Architecture Guide, International Alliance of Interoperability, Washington 1997

Charles M. Eastman: Building product models: computer environments supporting design and construction, CRC Press LLC, 1999

Adam Polly: Methodische Entwicklung und Integration von Produktmodellen, Dissertation an der Fakultät für Maschinenbau an der Universität Karlsruhe (TH), 1996

Reiner Anderl: STEP; Standard for exchange of product model data, Teubner Stuttgart, Leipzig 2000

High Level Interface (HLI)  
IEZ-AG, Bensheim / DGfH Deutsche Gesellschaft für Holzbau

Charles Mc Auley: Programming AutoCAD 2000 using ObjectARX, Thomson Learning, 2000

Homag: Schnittstellenbeschreibung Fertighauselemente Version 3.2a, Weinmann Holzbausystemtechnik, 2001

DXF-Reference, Release 14, 15, Autodesk

### Kommunikationsmodellierung

(von Claus-Jürgen Schink)

Nachfolgend eine Liste von grundlegender Literatur für die innerhalb des Projektes bearbeiteten Aspekte.

Brandenberger Jürg; Ruesch : Ablaufplanung im Bauwesen; Baufachverlag, Zürich 1993



Ding Shizhao: Ablaufplanung in komplexen Systemen; Universität Darmstadt (TU), Darmstadt 1986

Appelt W.; Busbach U.; Hinrichs E.; Kerr D.; Sikkel J.; Woetzel G.: Basic Support for Cooperative Work on the World Wide Web; Academic Press, Cambridge, USA 1997

Fleischmann Hans-Dieter: Bauorganisation: Ablaufplanung, Baustelleneinrichtung, Arbeitsstudium, Bauausführung; Werner Ingenieur Texte, Düsseldorf 1997

DIN, Deutsches Institut für Normung e.V. : Bauplanung; Beuth Verlag, Berlin 2000

Scheifele D.; Schelle H.: Bauprojekttablauf; Verlag TÜV Rheinland, Köln 1991

Bauknecht K.; Mühlherr T.; Sauter C.; Teufel S.: Computerunterstützung für die Gruppenarbeit; Addison-Wesley, Bonn 1995

Ebers M.: Die Gestaltung interorganisationaler Informationssysteme; , 1994

Picot R.; Reichwald R.; Wigand R.: Die grenzlose Unternehmung; Verlag Dr.Th.Gabler, Wiesbaden 1998

Kiefer E.: Die Zukunft-Telearbeit und Virtuelle Organisationen; , 1993

Hinkelmann M.: Entwicklung eines Produktdatenmodells zur Unterstützung der integralen Planung von Gebäuden und ihren heiz- und Raumluftechnischen Anlagen; Universität Stuttgart, Stuttgart 1999

Kölle Jürgen H.: Entwicklung von Verfahren zur Terminplanung und -steuerung bei flexiblen Montagesystemen; Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg 1981

Dier M.; Lautenbacher S.: Groupware - Technologien für die lernende Organisation; Computerwoche Verlag, München 1994

Krystek U.; Redel W.; Reppengather S.: Grundzüge virtueller Organisationen, Elemente und Erfolgsfaktoren, Chancen und Risiken; Verlag Dr.Th.Gabler, Wiesbaden 1997

Gfeller R.; Kohler N.; Suter P.; van Gilst J.: Haustechnik in der integralen Planung; EDMZ, Bern 1993

Almeida L.; Duin H.; Grilo A.; Rabe L.: Implementing EDI und STEP in the Construction Industry; , 1998

Wiedemann Simon: Kommunikation im Bauprozess; Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), Zürich 1995

Ettighofer D.: L'entreprise virtuelle ou les nouveaux modes du travail; , 1992

Hartmann A.; Herrmann T.: Menschengerechte Groupware; Teubner Verlag, Stuttgart/Leipzig 1994

Heilmann H.: Organisatorische Flexibilität in intelligenten Unternehmen; Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg 1998

Archibald R.D.: Project Team Planning; Reschke u. Schelle, Berlin 1990

Borghoff U.; Schlichter J.: Rechnergestützte Gruppenarbeit; Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg 1998

Grabowski H.; Rude S.: Rechnerunterstützte branchenübergreifende Kooperation; Teubner Verlag, Stuttgart/Leipzig 1999

Leimböck Egon: Recht und Wirtschaft bei der Planung und Durchführung von Bauvorhaben; Bauverlag, Berlin/Wiesbaden 0

Dawood N.; Mallasi Z.: Registering Space Requirements of Construction Operations Using Site-PECASO Model; International Council for Research and Innovation in Building and Construction, CIB w78 conference 2002, Aarhus 2002

Dawood N.; Sriprasert E.: Requirements Identification for 4D Constraint-based Construction Planning and Control System; International Council for Research and Innovation in Building and Construction, CIB w78 conference 2002, Aarhus 0

Flemming U.; Woodbury R.: Software environment to support early phases in building design (SEED); Journal of Architectural Engineering ASCE, 1995

Dorn Carsten: Systematisierte Aufbereitung von Dokumentationstechniken zur Steuerung von Bauabläufen und zum Nachweis von Bauablaufsstörungen; VDI Fortschrittsberichte, Düsseldorf 1997

Engelberger H.; Möslein K.; Oldenburg S.; Reichwald R.; Sachenbacher H.: Telekooperation; Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg 1998

Steger Gerd: Termin- und Kapazitätsplanung der Arbeitsplanung; Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg 1988

Nathusius K.; Winand U.: Unternehmensnetzwerke und virtuelle Organisationen; Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart 1998

Kirsche T.: Verteilte Systeme - Grundlagen und zukünftige Entwicklungen aus Sicht des SFB 182; BI-Wissenschaftsverlag, Mannheim 1994

Guinand P.; Thüring S.: Virtuelle Baustelle. Interaktive VR-Umgebung eines Rohbauprojektes; Institut für Industrielle Bauproduktion (ifib), Universität Karlsruhe (TH) 1995

Lipnack J.; Stamps J.: Virtuelle Teams - Projekte ohne Grenzen; Verlag Ueberreuther, Wien/Frankfurt 1997

Fink D.: Virtuelle Unternehmensstrukturen; , 1998

Güldenbergs S.: Wissensmanagement und Wissenscontrolling in lernenden Organisationen; Deutscher Universitätsverlag, 1997

Bürgel H.: Wissensmanagement. Schritte zum intelligenten Unternehmen; Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg 1998

Hastedt-Marckwardt C.: Workflow-Management-Systeme; Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg 1999

## 2.5. Zusammenarbeit

Zum Verständnis der Brettstapelbauweise insbesondere bei verdichtenden Bauformen erfolgte eine Diskussion mit dem Holzbaustatiker Pirmin Jung, Rain, Schweiz.

## Anforderungsmodellierung

Für die Spezifikation der allgemeinen Anforderungen in Punkto Nachhaltigkeit erfolgte eine Kooperation mit den Bearbeitern des DBU-Projektes Nachsorgeeinrichtung Gral-Müritz am ifib.

## Bauwerksmodellierung

Bei der Bauwerksmodellierung findet ein reger Austausch mit dem Institut für Angewandte Informatik am Forschungszentrum Karlsruhe statt, welches sich intensiv und auf mehrere CAAD-Systeme gestützt mit den IFC beschäftigt. Ansprechpartner: Herr Dr. Isele, Herr Dr. Häfele.

Hinsichtlich Programmierleistungen am verwendeten CAAD-System Speedikon - A (Integration einer ODBC-Schnittstelle, Kennzeichnung der Elemente eines Bauteils) wurde mit der IEZ AG, Herrn Kabath kooperiert.

Für die Programmierung und Optimierung der CAM-Schnittstelle im Homag-Format wurde mit der Weinmann Holzbausystemtechnik in St. Johann-Lonsingen kooperiert. Softwarefragen wurden mit Herrn Vöhringer geklärt, Hardwarefragen mit Herrn Schottmann.

Die bauteilintegrierte Installationsführung wurde konzeptionell und praktisch unter Federführung von Peter Thomas, Berlin und in intensiver Zusammenarbeit mit der Firma Gunzenhauser in Sissach, Schweiz, entwickelt. Ansprechpartner waren Herr Heger und Herr Kusenberg.

## Kommunikationsmodellierung

(von Claus-Jürgen Schink)

Innerhalb der Universität Karlsruhe existieren einige Institute und Organisationen die sich mit den Fragestellungen des verteiltem, kooperativen Arbeiten, Wissensmanagement und Kommunikation beschäftigen.

Wir haben durch das inhaltlich sehr verwandte Projekt "Vier Wochen Haus" engen Kontakt, nicht nur innerhalb des Institutes für Industrielle Bauproduktion, sondern auch zu dem dort Beteiligten Unternehmer der Fa. Kemmler, der Fa. Kopsis (Karlsruhe) und dem Architekturbüro Maier (Karlsruhe-Stutensee) wertvolle Impulse erhalten. Durch die gegenseitige Kooperation konnten ähnliche Probleme mit verschiedenen Meinungen betrachtet werden.

Bei der Softwaremodellierung wurden Gespräche mit dem Institut für Programmstrukturen und Datenorganisation (IPD), Prof. Lockemann geführt.

Die parallele Verwendung von Softwaremodulen aus dem Basys-Projekt in der Lehrplattform [www.netzentwurf.de](http://www.netzentwurf.de) und umgekehrt erwies sich als sehr nützlich, da dies eine unbefangene (durch Studenten) Beurteilung der verwendeten Module und vor allem deren Betrieb unter Last, zum Teil etwa 100 Studenten gleichzeitig, erlaubte.

### 3. Ergebnisse

Einige Ziele und Voraussetzungen, welche bei Antragstellung nur ungenau oder implizit bekannt waren und im Laufe der Bearbeitung recherchiert und bewußt wurden, sind in den ersten beiden Teilen dieses Schlussberichtes dargestellt. Insofern haben auch die vorangehenden Teile Ergebnischarakter.

Wegen der hohen Vernetzung der Arbeitsfelder im Verbundprojekt Basys erfolgt zunächst eine zusammenfassende Darstellung der für die Arbeit des ifib wichtigen, gemeinsamen Arbeitsergebnisse. Anschließend wird auf die Ergebnisse in den drei Arbeitsfeldern des ifib vertiefend eingegangen.

#### 3.1. Gemeinsame Ergebnisse

##### 3.1.1. Die Architektur

Der Architekt im Verbundvorhaben recherchierte den baurechtlichen Rahmen für das Bausystem und siedelte die erzielbare bauliche Dichte für die Situation zur Projektlaufzeit im Bereich einer Geschoßflächenzahl (=GFZ) unter 1.2 an. Dies bedeutet eine überwiegend dreigeschossige Bebauung. Gleichzeitig weist er darauf hin, dass eine weitere Verdichtung mit einer GFZ bis zu 1.4 wünschenswert und durch die Forderungen der Agenda 21 abgesichert ist.

Für eine Viergeschossigkeit fehlt derzeit noch eine bundesweit einheitliche baurechtliche Gesetzgebung, welche aber im Rahmen der europäischen Einigung und der damit einhergehenden Harmonisierung der Bestimmungen und Klassifizierungen mittelfristig erwartet wird. Das verwendete Brettstapelsystem des beteiligten Holzbauunternehmens ist wegen der liegenden Hölzer für mehr als dreigeschossige Gebäude nicht optimal und müsste für diesen Einsatzzweck weiterentwickelt werden.

##### Konstruktive Detailierung

Der Architekt setzte sich maßgeblich für die erzielte Breite des Systems ein. Seine Begründung ist die mit der Vielfalt steigende Reaktionsfähigkeit auf Kundenwünsche. Daher gründet das Bausystem auf einem breiten Angebot weitgehend nebeneinander verfügbarer Optionen und nicht auf einer

Hierarchisierung oder Modularisierung, wie man sie von geschlossenen Systemen her kennt.

Dies äußert sich in einem sehr umfangreichen Bauteilkatalog, sowohl für den Architekten als auch für den Haustechniker (siehe Schlußberichte der jeweiligen Partner).

Auf der Grundlage des Bauteilkatalogs hat das ifib die Anzahl erforderlicher Detailfestlegungen kombinatorisch ermittelt und in einer Matrix festgehalten. Ein Bauteilkatalog mit einer Vielfalt von ca. 20 Elementen erzeugt weit über 1000 fertigungstechnisch mögliche Kombinationen. Der Architekt reduzierte anschließend die Vielfalt durch Ausschluß der ihm wenig sinnvoll erscheinenden Bauteilkombinationen aus der Matrix auf weniger als die Hälfte. Auf diese Weise sind knapp 500 theoretisch für das System erforderliche Bauteilkombinationen übriggeblieben, von denen im gegebenen Rahmen letztlich nur ca. 20 konsequent durchgearbeitet und gezeichnet werden konnten. Der verbleibende Rest ist bei Bedarf und ggf. durch Abwandlung vorhandener Details zu entwickeln.

Bei der Entwicklung der Werkzeuge für die CAD-CAM-Kopplung achtete das ifib dementsprechend darauf, neben Bibliotheken vorgedachter Lösungen vor allem Instrumente für die individuelle Modellierung der Bearbeitungen anzubieten; Die Universalität wurde durch Einfachheit und Verzicht auf Automatismen erkauft. #-> schwierige Handhabung für AutoCAD-fremde

### 3. 1. 2. Das Installationssystem

Für die Haustechnik wurde vom beteiligten Haustechnikunternehmen in Abstimmung mit dem beteiligten Architekten ein Katalog der Elemente erarbeitet, welcher „Stamm-Zweige-Katalog“ genannt wird. Darüber hinaus entwickelte das Haustechnikunternehmen einen Kriterienkatalog als Leitlinie zur Beurteilung von Verteilungssystemen und Komponenten (siehe Abschlußbericht des Haustechnikunternehmens).

Im Folgenden wird die Unterscheidung zwischen bauteiladaptierten und bauteilintegrierten Lösungen speziell aus dem Blickwinkel der Kooperation und der CNC-gesteuerten Herstellung bei der Brettstapelbauweise betrachtet:

## Bauteiladaptierter Ansatz (System von Schächten u. Kanälen)

Das Prinzip beruht auf Adaption des Konstruktionsvolumen an den Installationsraum (oder umgekehrt).

Anwendungsbereiche:

Im systematischen Bauen ist der bauteiladaptierte Ansatz aufgrund der optimalen Flexibilität ein sehr beliebtes und weit verbreitetes System.

Für den bauteiladaptierten Ansatz bieten der Holzrahmenbau und Systeme aus zusammengesetzten Querschnitten gute Voraussetzungen, da hier bei intelligenter Organisation die bereits vorhandene Auflösung in Konstruktionsvolumen und Zwischenraum genutzt werden kann; die tendenzielle Unterlegenheit des Massivholzbaus dagegen rührt aus dem zusätzlichen Aufwand für die Herstellung des Installationsraumes z.B. durch Fräsen.



Abb 1. Das Bausystem Midi als Beispiel für bauteiladaptierte Installationen  
(Quelle: Fritz Haller, Solothurn)



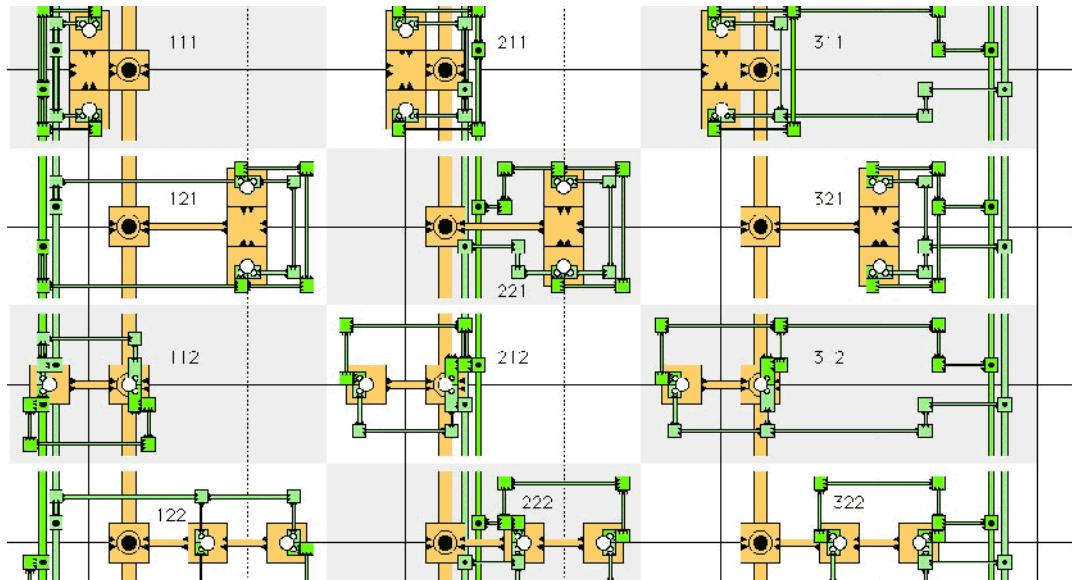


Abb 2. konfliktfreie Organisation der Installation im Bausystem Midi (Quelle: Fritz Haller, Solothurn)

#### Vorteile:

- Es besteht eine optimale Zugänglichkeit auf der Baustelle während der Bauphase und danach. Für das gewerkeorientierte Bauen ist dies eine wichtige Bedingung.
- Ein Installationsraum wird i.d.R universell d.h. für unterschiedliche Medien genutzt.
- Die Fehlerfreundlichkeit und Nachrüstbarkeit kann durch leichte Überdimensionierung der Kanäle erhöht werden.
- Durchdringungspunkte treten konzentriert auf.
- Es besteht eine gute Eignung für großkalibrige Medien.
- Die Lage von Installationsmedien ist für Nachunternehmen und Nutzer sehr einfach nachvollziehbar.

### Problempunkte im Holzbau:

- Planerischer Aufwand aufgrund der Berücksichtigung von Minimalradien für die Medien. In der Brettstapelbauweise entstehen Engpässe aufgrund der schlanken Bauteildimensionen.
- Für die Zugänglichkeit müssen punktuelle, lineare oder flächige Revisionsöffnungen vorgesehen werden; dies stellt ein ernsthaftes Design- und Kostenproblem dar.
- Hoher Aufwand bei Durchdringungspunkten von Funktionsschichten bzw. Vermeidung derselben durch aufwändige Vorsatzschale.
- Keine lose Verlegung der Leitungen möglich; mechanische Befestigung mittels Briden oder Schellen erforderlich.

### Aufputzsystem

Gegenüber dem Holzrahmenbau eignen sich massive Systeme tendentiell besser für eine Aufputzinstallation, da das Anschlagen von Befestigungsmitteln ganz ohne Risiko der Verletzung von Funktionsschichten erfolgt.

Aufputzsysteme haben den Nachteil einer stark schwankenden Akzeptanz bei den Nutzern und werden daher überwiegend in untergeordneten Räumen eingesetzt und deshalb hier nicht weiter betrachtet.

### Bauteilintegrierter Ansatz (Rohr-im-Rohr-System)

Das Prinzip beruht auf der Integration des Installationsraumes in das Konstruktionsvolumen. Das medienführende Rohr wird generell in einem Schutzrohr verlegt; es muß knotenfrei vom Verteiler direkt zur Zapfstelle geführt werden (Sternverteilung; Einzapfstellen-Prinzip).

### Anwendung:

Bauteilintegrierte Systeme werden klassischerweise bei Massivbauweisen außerhalb des Holzbaus und bei Bauweisen mit Verguß eingesetzt (Beton, Holzbausysteme aus zusammengesetzten Querschnitten mit Füllungen aus Schüttgut).

Die Eignung dieses Ansatzes für flächige, massive Holzelemente wird erreicht, indem mit passgenauen Fräsungen und in einem einzigen Arbeitsschritt gleichzeitig der Installationsraum geschaffen und die Befestigung des Schutzrohres bewerkstelligt wird.



Abb 3. in Basys realisiertes Musterbauteil als Beispiel für eine bauteilintegrierte Installation; Der Verteiler befindet sich in einer Aussparung oberhalb des Waschbeckens, die durch den Spiegel verdeckt wird; im Bild mittig. (Quelle: ifib)

Vorteile:

- Für eine gewerkeübergreifende Vorfabrikation besteht die Möglichkeit punktuell Baugruppen (z.B. Verteiler) oder ganze Installationen ab Werk in ein Bauteil zu integrieren. Sofern der Raumbedarf für Abwasserleitungen gelöst wird, können zusätzliche Systeme (z.B. Vorwandinstallationen) eingespart werden. Dadurch können selbst Mehrkosten kompensiert werden, die durch eine eventuell erforderliche Aufdoppelung der Brettstapelkerne zur Wahrung statischer Eigenschaften entstehen.

Bei traditioneller, gewerkeorientierter Bauweise werden die Leerrohre werkseitig durch das Holzbauunternehmen, die Medien bauseitig durch das Haustechnikunternehmen eingebracht. Das montierende Holzbauunternehmen muß bereit sein, die Gewährleistung für die

Einziehbarkeit der Medien in die von ihm gelegten Leerrohre zu übernehmen.

- Bei Vermeidung von Bauteilübergängen, können im Sanitärbereich vorkonfektionierte Systeme aus Schutzrohr mit fertig eingezogenem medienführendem Rohr verwendet werden.
- Durch einfachen Umbau am Verteiler kann die Medienqualität an der Versorgungsstelle zerstörungsfrei geändert werden (z.B. Nachrüstung von Betriebswasser für WC-Spülung etc...)
- Für die Zugänglichkeit reicht die Stirnfläche des Schutzrohres; Der angeschlossene Verbraucher selbst dient als Abdeckung der „Revisionsöffnung“.
- Die Fehlerfreundlichkeit und Nachrüstbarkeit kann durch zusätzliche, blinde Leerrohre erreicht werden bzw. durch leichte Überdimensionierung: Ein 25mm Leerrohr z.B. kann Sanitär- oder Heizleitungen der Dimension DN12, DN16 oder aber Elektroleitungen aufnehmen.
- Bei bauteilintegrierten Ansätzen herrscht ein gewisser Innovationsdruck durch den Platzmangel. Für den Betonbau sind auf diese Weise Sanitärsysteme entstanden, welche gegenüber der DIN verringerte Nennweiten ermöglichen. Durch die Verlegungsart und vor allem die Ausbildung von Kupplungen wurden Strömungswiderstände (und nebenbei auch Schallprobleme) minimiert. Die Folge sind geringere stehende Massen und damit geringere Energie- und Wasserverluste sowie eine höhere Dynamik.
- Die mechanische Befestigung der Leerrohre kann entfallen, sofern eine Beplankung aufgebracht wird oder aber trapezförmige Fräser eingesetzt werden (Wasser-Rückschlag bei der Probe von Sanitärsystemen!). Bei entsprechender Grundrißplanung dient der 8cm breite Brettstapel als mechanische Schutzschicht für die wandintegrierte Installation; Die freie Befestigung wandhängenden Möbiliars wird somit nicht beeinträchtigt.
- Der Installationsraum wird nur für ein Medium genutzt. Daraus ergeben sich Rationalisierungsmöglichkeiten bei der Montage durch Farbcodierungen und eindeutige Kennzeichnungen.

- Das Schutzrohr übernimmt mehrfache Funktionen. Es dient dem Einziehen des Mediums und bei Sanitärinstallationen kann zur Vermeidung von Schäden am Holzbau durch Kondenswasser das Leerrohr zur Kapselung des Systems herangezogen werden. Ein entsprechendes System wurde bereits entwickelt und ist am Markt erhältlich.
- Reverse Engineering: Die Rückbaubarkeit ist aufgrund fehlender Knoten zwischen Verteiler und Zapfstelle gut. Die Leerrohre allerdings verbleiben im Bauteil und bewirken eine geringfügige Verunreinigung des Altholzes durch Rohre aus Polyethylen.
- Der potentielle Zeitgewinn durch Anwendung einer konsequenten CAD-CAM-Kette wird vom beteiligten Holzbauunternehmen in Basys auf 2 Tage beziffert (Reihenhaus).

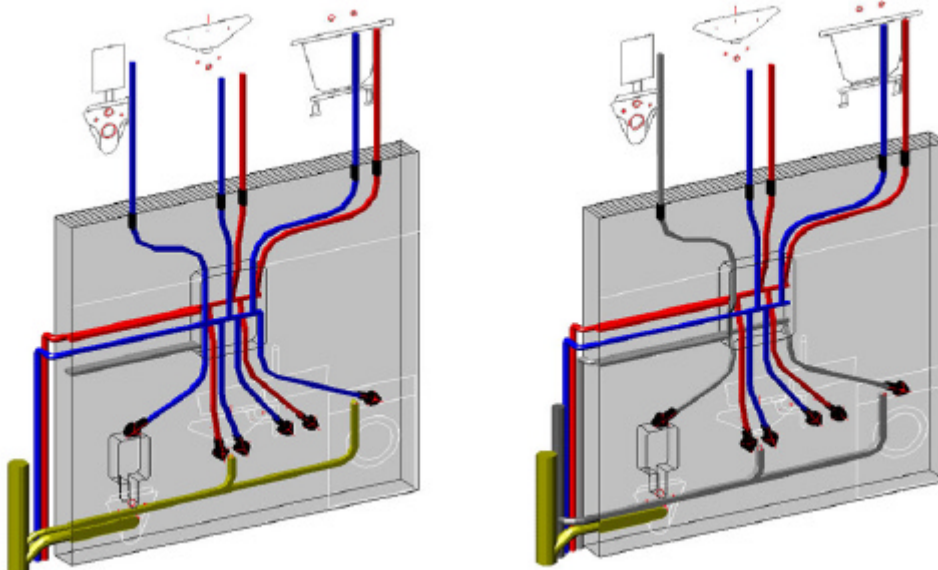


Abb 4. Einfache Nachrüstung :Versorgung von WC und Waschmaschine mit Betriebswasser bei einem bauteilintegrierten Einzapfstellensystem mit Sternverteilung (Quelle: ifib).

### Probleme im Holzbau:

- Durchdringungspunkte treten verteilt auf.
- In der gedübelten Brettstapelbauweise beträgt der maximal ausführbare Leerrohrdurchmesser bei 80mm starken Wänden 25mm. Er bedeutet bei horizontalem Verlauf der Rohre eine statische Beeinträchtigung aufgrund von Querschnittsschwächung und Kerbung.
- Erhöhter planerischer Aufwand aufgrund der Berücksichtigung von größeren Minimalradien für die Medien ( $r \geq 200\text{mm}$ ). Der erforderliche größere Radius resultiert aus der Forderung nach Austauschbarkeit. Außerdem ist auch die Anzahl von Krümmungen möglichst zu begrenzen.
- Vertikale Bauteilübergänge; Für die Verbindung der Leerrohre unter schwebender Last und Platzmangel fehlen derzeit noch rationelle Lösungen;
- Horizontale Bauteilübergänge können bei Sanitärleitungen nur durch ein Verschleifen hergestellt werden. Aufgrund der erforderlichen großen Radien kann dies zu beengten Situationen führen.
- Im Fall von Bauteilübergängen müssen die medienführenden Rohre separat bauseits eingezogen werden.



Abb 5. Beispiel für die Modernisierung einer wandintegrierten Sanitärinstallation; die Armatur links stellt eine konventionelle Einhebelmischbatterie mit Warm- und Kaltwasseranschluss dar. Rechts eine digitale Armatur, welche nur noch über eine Leitung versorgt wird. Im Leerrohr der frei gewordenen Leitung läuft eine Datenleitung, die ein elektrisches Ventil am Verteiler steuert. Der Verteiler liefert fertig temperiertes Wasser an die Zapfstelle. Design-Studie Peter Thomas, Berlin (Quelle: ifib)

Das Bausystem von Basys favorisiert nicht ausschließlich einen der genannten Ansätze, sondern stützt sich pragmatisch auf alle nebeneinander. Für die CAD-CAM-Kopplung hat aber der letztgenannte Ansatz die weitreichendsten Konsequenzen, so dass er hier besonders intensiv untersucht wird. Im Abschnitt „CAD-CAM-Schnittstelle“ auf Seite 61 weiter unten wird auf Details bei der Realisierung eingegangen.

## Zugänglichkeit

Ein wesentlicher und erschwerender Aspekt bei der Planung bauteilintegrierter Installationssysteme ist die Berücksichtigung der Zugänglichkeit in folgenden Stufen:

- Montage

Die Zugänglichkeit bei der Montage muß im Bereich der Knoten den Einsatz der notwendigen Werkzeuge (Presszangen etc...) zulassen. Dabei ist darauf zu achten, dass auch ein Demontieren von Steck-, Schraub-, und Bajonettverbindern zum Zweck der unkomplizierten Korrektur möglich sein

muß. Bei Einweg-Verbindern muß die Möglichkeit des Austausches bestehen, wodurch in der Regel auch ein Stück Leitung aufgezehrt wird.

Im Bereich der Leitungen wird die Zugänglichkeit durch Minimierung der Reibungswiderstände beim Einziehen der Medien sichergestellt. Dies erfordert die Planung „splineartiger“ Leitungswege und die Vermeidung abrupter Übergänge.

- Prüfung, Abnahme

Nach der Montage erfolgt aus gewährleistungstechnischen Gründen das unumgängliche Prüfen des fertig montierten Systems. In der Praxis muß die Prüfung bauseits erfolgen, weil eine vollständige Integration der Haustechnik in nur ein vorgefertigtes Modul an der Handhabung scheitert.

Die Schwachpunkte (und Kosten) liegen bei den Knoten und nicht bei den Leitungen. Daher sind Systeme so zu optimieren, dass die Knotenzahl zu Lasten höherer Leitungslängen reduziert wird. Während in der Sanitärbranche diesbezüglich optimierte Systeme bereits am Markt existieren, scheint im Bereich von Lüftungs- und Wandheizsystemen noch Handlungsbedarf zu bestehen.

- Wartung Verschleißteile

Die erforderliche hohe Zugänglichkeit der Verschleißteile während der Nutzungsphase (z.B. Leuchtmittel...) ist selbstverständlich und wird in der Regel auch berücksichtigt.

- Reparatur langlebiger Bauteile

Auch langlebige Elemente, wie z.B. Leitungen, bedürfen einer Zugänglichkeit, die aus der generell an Systeme zu richtenden Forderung nach Fehlertoleranz resultiert. Bauteilintegrierte Systeme bedürfen dabei einer sorgfältigeren Planung und Ausführung als bauteiladaptierte:

Die Wahrscheinlichkeit für eine Verletzung der Medien ist zu reduzieren; dafür bietet die Brettstapelbauweise günstige Voraussetzungen, indem das massive Holz bereits einen mechanischen Schutzmantel bildet.

Die Austauschbarkeit ist durch Minimierung der Reibungswiderstände beim Ausfädeln der alten und Einziehen der neuen Medien zu gewährleisten.

- Rückbau und Demontage



Für die Demontage ist eine Zugänglichkeit der Steck-, Schraub- oder Bajonettverbinder erforderlich, die geringfügig geringere Anforderungen stellt als bei der Montage, weil Funktionstüchtigkeit und zerstörungsfreie Handhabung eine geringere Bedeutung haben.

In der Regel wird die erforderliche Zugänglichkeit für den Rückbau bereits erreicht, wenn die o.g. Zugänglichkeiten bestehen.

### 3.2. Anforderungsmodellierung

Bei der Anforderungsmodellierung sind neben einem Zielbaum auch ein Kriterienkatalog für die Brettstapelbauweise von Basys entstanden. Siehe hierzu den Anhang.

### 3.3. Bauwerksmodellierung

Bei der Bauwerksmodellierung in Basys wurden zunächst theoretische Vorüberlegungen angestellt über die Konsequenzen der Brettstapelbauweise für ein idealtypisches Gebäudemodell, die im folgenden Abschnitt „Theoretische Vorüberlegungen“ auf Seite 45 erläutert werden.

Projektbegleitend wurde dann für die reale Situation des virtuellen Unternehmens eine pragmatische Schnittstellenlösung entwickelt und angewendet, welche im darauffolgenden Abschnitt erläutert wird; Die Erkenntnisse aus der Anwendung dieser Schnittstelle werden in einem eigenen Abschnitt „Praktische Umsetzung einer Schnittstellenlösung“ auf Seite 55 behandelt.

Dann folgen ein Abschnitt mit der Darstellung der implementierten „CAD-CAM-Schnittstelle“ auf Seite 61, ein Abschnitt „Konvertierung von Speedikon-Objekten in ACIS-Volumenkörper“ auf Seite 68 sowie abschließend eine „Schlussfolgerung“ auf Seite 70.

#### 3.3.1. Theoretische Vorüberlegungen

Die theoretischen Vorüberlegungen betreffen die funktionalen Anforderungen an ein brettstapelgerechtes Bauwerksmodell hinsichtlich geometrischer Modellierung, Visualisierung und Interoperabilität innerhalb eines virtuellen Unternehmens.

## Parametrisierung

Ein fertigungsgerechtes Gebäudemodell, das den Zielen des Verbundvorhabens Basys entspricht, muß die aktuellen Fertigungsparadigmen abbilden: während in der industriellen Produktion spezialisierte und damit teure Werkzeuge eingesetzt werden, deren Amortisation hohe Stückzahlen des Produktes erzwingt, werden in der postindustrielle Fertigung individuelle Kundenwünsche zu ähnlichen ökonomischen Bedingungen realisiert, indem vergleichsweise preiswerte Universalwerkzeuge mit numerischer Ansteuerung eingesetzt werden (dafür wurde der Begriff „neohandwerkliche Fertigung“ geprägt; Jochen Groß). Eine wesentliche Voraussetzung liegt somit in der numerischen Beschreibung der herzustellenden Produkte.

Numerisch beschriebene Produkteigenschaften, die innerhalb eines geeigneten Bereiches variieren dürfen, werden als Parameter bezeichnet.

### parametrisiertes System

### modulares System

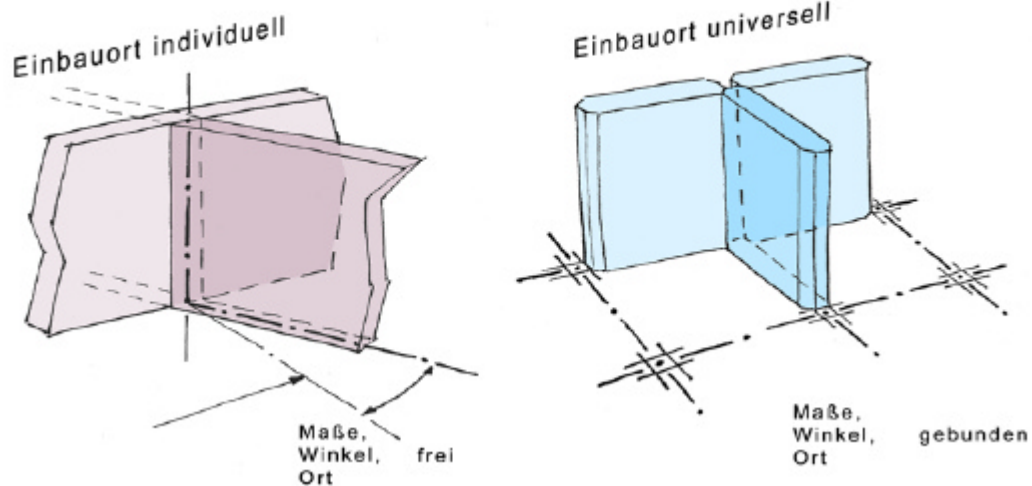


Abb 6. Abgrenzung des Bausystems Basys mit individuell für einen Einbauort gefertigten, parametrisierten Bauteilen gegenüber einem modularen Systemen mit Bauteilen für universelle Einbauorte (Quelle: ifib).

Vergleichende Betrachtung von parametrisierten und modularen Systemen:

- Freiheitsgrade bei der Planung:

Beim parametrischen System sind Bauteilmaße, Einbauort und Einbauwinkel frei. Dadurch entsteht eine hohe Flexibilität bei der Planung.

Beim modularen System besteht während der Planung die Bindung an ein Konstruktionsraster aufgrund standardisierter Bauteile.

- Freiheitsgrade bei der Nutzung:

Die individuelle Gestaltbarkeit von Bauteilen im parametrisierten System kehrt sich bei der Nutzung in den Nachteil einer geringen Flexibilität um; Bauteile werden für einen individuellen Einbauort hergestellt.

Beim modularen System verhält es sich umgekehrt: standardisierte Bauteile werden für einen universellen Einbauort hergestellt; Bei einem Nutzungswechsel können die Bauteile innerhalb des Systems beliebig umgesetzt werden.

- Bauteilbeschreibung:

Beim parametrisierten System wird ein Bauteil von den angrenzenden Bauteilen „beschnitten“. Die geometrische Beschreibung des Bauteils ist somit relativ zu den Nachbarbauteilen und deren individuellem Aufbau.

Beim modularen System hat ein Bauteil standardisierte Anschlüsse zu seinen Nachbarbauteilen. Es kann somit losgelöst von diesen beschrieben werden. Durch die Wiederholung der Anschlußsituationen ergibt sich ein Raster.

- Raumzugehörigkeit:

Beim parametrisierten System kann eine Fertigungseinheit durch mehrere Räume laufen; Die Raumzugehörigkeiten ergeben sich spontan.

Beim modularen System kann eine Fertigungseinheit genau zwei Räumen eindeutig zugeordnet werden. Als Sonderfall können beide Räume identisch sein.

- Instrumente:

Parametrisierte Bauteile erfordern aufgrund ihrer Abhängigkeit von Nachbarbauteilen eine „Reaktionsfähigkeit“ sowie eine angemessene „Verhaltensweise“. Dies sind dynamische Elemente, welche die Instrumente einer ereignisgesteuerten Programmierung und objektorientierter Klassenhierarchien erfordern.

Parametrisierte Bauteile entsprechen damit den gängigen Paradigmen einer objektorientierten Softwareentwicklung.

Modulare Bauteile dagegen sind statische Elemente; sie lassen sich einfach als CAD-Zeichnung beschreiben. Sie erfordern lediglich die Instrumente einer Elementbibliothek und eines Rasters.

Modulare Bauteile entsprechen damit vergangenen Paradigmen einer imperativen Softwareentwicklung.

Die meisten heutigen CAAD-Systeme verwenden objektorientierte Bauteile, deren Schichtaufbau individuell eingestellt werden kann. Alle Schichtaufbauten in der Brettstapelbauweise können so ohne weiteres durch diese Systeme verarbeitet werden. Das ifib hat für den Architekten einige Elemente aus dem Bauteilkatalog für das eingesetzte CAAD-System Speedikon 4.5 A modelliert.

Das Konzept der Parametrisierung bildet zwar das wichtigste Fundament für ein brettstapelgerechtes Gebäudemodell, erfüllt aber alleine noch nicht alle Anforderungen aus dem Verbundvorhaben Basys.

### Kern-Schale-Konzept (Schichtaufbau)

Weil parametrisierte Brettstapelwände durch mehrere Räume laufen können, ist ein weiteres Konzept zur Differenzierung zwischen durchgängigen, bauteilbezogenen Schichten und wechselnden, raumbezogenen Schichten erforderlich.

Aus fertigungstechnischen Überlegungen heraus erscheint die konsequente Trennung zwischen werkseitig und bauseitig aufgetragenen Schichten sinnvoll. Diese Forderung wird auch durch den Architekten unterstützt, der gegenüber dem Bauherrn und Kunden dadurch eine höhere Reaktionsfähigkeit erlangt, indem späte Festlegungen ggf. auf der Baustelle möglich werden.

Wie im Falle von Beplankungen aus Gipsfaserplatten kommen allerdings werkseitiger Zuschnitt und Befestigung sowie bauseitige Verspachtelung und Finish einer Schicht wegen der Bauteilverformungen bei Transport und Montage häufig vor. Dies ist kennzeichnend für die Brettstapelbauweise. Daher müssen für jede Schicht sowohl werkseitige als auch bauseitige Bearbeitungen beschrieben werden können.

Der Schichtaufbau einer Brettstapelwand muß nicht zwangsläufig über die gesamte Bauteilausdehnung konstant sein. Im Bereich einbindender Wände

sind z.B. Nuten oder Kerven üblich. Außerdem ist es denkbar, dass nur punktuell Wandheizflächen aufgebracht werden und die Beplankung der Restflächen bauseits erfolgt, oder eine Beplankung erfolgt nicht raumhoch. Aus Fertigungsgründen läuft eine Bauteilseite immer eben durch.

Eine häufige Konfusion in der Baupraxis resultiert aus der Unklarheit um Brutto- oder Nettoangaben. Um Verwechslungen vorzubeugen ist es unabdingbar, dass beim Datenaustausch der gesamte geplante Schichtaufbau ausgetauscht wird.

Die Differenzierung von Kern und Schale kann in den meisten heutigen CAAD-Systemen noch nicht zufriedenstellend modelliert werden. Der workaround besteht darin, dass man für den Kern einen Wandtyp definiert und für raumbezogene Schichten einen anderen. Diese Wände werden dann unmittelbar nebeneinander gezeichnet.

Im Modellierungsansatz der IFC ist ein Kern-Schale-Konzept vorgesehen (Core-Shell). Allerdings ist es in der aktuellen Version IFC 2.x noch nicht ausformuliert und derzeit ist auch nicht klar, welche semantische Bedeutung Kern und Schale zugeordnet wird und ob raumbezogene Schichten dem Bauteil oder dem Raum angegliedert werden.

### Innere Bauteilorganisation, Bauteilstoss (Aufteilung Schichten)

Bei der Brettstapelbauweise spielen Sichtanforderungen häufig eine Rolle; diesbezügliche Gestaltungsmöglichkeiten sind typisch für die Bauweise.

Im Deckenbereich wird oft die gesamte Fläche sichtbar belassen. Der Wandbereich dagegen wird aus optischen Gründen überwiegend mit Beplankungen versehen. Dabei spielen oberer und unterer Abschluß eine wichtige gestalterische Rolle; es ist nicht unbedingt erforderlich, eine Beplankung über die gesamte Wandhöhe vorzunehmen.

Hinsichtlich der inneren Aufteilung des Kernes spielen folgende sichtbaren Elemente eine Rolle:

- Rähm und Schwelle

Bei dem Brettstapelsystem des beteiligten Holzbauunternehmens wird die Wand oben durch ein durchlaufendes Rähm und unten durch eine durchlaufende Schwelle gefaßt.

Das Rähm fungiert im Fensterbereich als Unterzug; daher richtet sich seine Höhe maßgeblich nach der Statik bzw. der Breite der zu überbrückenden Fensterausschnitte.

- Lamellen

vom Architekten kommen Angaben über Holzart, Kantenbearbeitung und in Ausnahmefällen auch über Lamellenbreite.

- Spannrichtung der Decken

Die Spannrichtung der Decken ergibt sich aus statischen Überlegungen; sie ist sehr prägend für den Raumeindruck.

Wegen der Sichtbarkeit und statischen Relevanz der inneren Aufteilung von Brettstapel-Kernen, könnte das Modellieren gestaltgebender Elemente wie Rähm und Schwelle zusätzliche planerische Sicherheit geben. Denkbar wäre ein differenzierter Zugriff: für den Architekten und Hersteller ein Lesezugriff, für den Statiker ein Schreibzugriff.

Die innere Aufteilung von Schichten des Kerns ist gegenwärtig Bestandteil der Werk- und Montageplanung des ausführenden Unternehmens. CAAD-Werkzeuge sehen keine bauteilbezogenen Möglichkeiten für entsprechende Festlegungen vor. In der Praxis behilft man sich ggf. mit Hilfslinien und Textangaben in der Zeichnung.

Die innere Aufteilung von Schichten der Schale obliegt dem Auftragnehmer des jeweiligen Ausbaugewerkes. Es erfolgt die direkte Ausführung vor Ort ggf. unter Verwendung von Architektenplänen. Im Falle bauteilintegrierter Installationen ist es u.U. wichtig, dass deren Konturen vom Vorunternehmer z.B. mit einer CNC-gesteuerten Reißnadel angerissen werden, um die Lage von Einbauten zu dokumentieren.

## Interoperabilität

bis hier beziehen sich die Vorüberlegungen hauptsächlich auf die geometrische Beschreibung von Brettstapelbauteilen sowie die Grenzziehung zwischen werkseitiger, CNC-gestützter, und bauseitiger Fertigung.

Die Interoperabilität erstreckt sich allerdings darüber hinaus noch auf die Phase der Planung und Konzeption innerhalb eines virtuellen Unternehmens. Interoperabilität bedeutet das Management eines mehrfachen,

interprofessionellen Zugriffs auf Daten. Sie erfordert zur Erzeugung der einzelnen Sichten die strukturelle Kompatibilität der Teilmodelle.

Hierfür scheint die zentrale Ablage der Daten, gekoppelt mit einer zentralen Organisation der Zugriffe sinnvoll. Es existieren dafür bereits kommerzielle Lösungsansätze (z.B. CORBA), welche sich in der Erprobungsphase befinden und nicht zuletzt wegen der fehlenden Kompatibilität der vorliegenden Software für das Verbundvorhaben Basys nicht in Frage kommen.

### Umsetzungsansatz

In einem ersten experimentellen Ansatz wurde versucht eigene Bauteilobjekte für die Darstellung der Brettstapelbauweise in AutoCAD zu programmieren. Dies erfolgte unter Anwendung einer objektorientierten Klassenbibliothek zur individuellen Programmierung parametrisierter Objekte. Eingesetzt wurde das bis Mitte 2001 frei erhältliche Produkt ObjectDBX (= objectoriented DataBase eXtension) der Firma Autodesk, welches den CAD-Kernel von AutoCAD 2000 darstellt.

Bei dem Experiment wurden folgende Erfahrungen gesammelt:

- ObjectDBX erlaubt die umfassende Programmierung parametrisierbarer CAD-Objekte. Die Implementierung eines aktorspezifischen Zugriffs auf einzelne Objekte konnte ebenso realisiert werden wie ereignisgesteuerte Verhaltensweisen.
- ObjectDBX umfaßt allgemeine und keine domainspezifischen Klassen. Die Implementierung von Objekten aus der AEC-Domäne (Architecture, Engeneering, Construction) erfordert also die sehr aufwändige Entwicklung einer eigenen Klassenhierarchie für Wände, Decken, Fenster, Türen etc...

Deshalb wurde bei Autodesk angefragt, ob dem ifib auch die AEC-Klassenhierarchie zur Verfügung gestellt werden könnte, die dem Autodesk-Produkt Architectural Desktop zugrundeliegt. Die Antwort war negativ: nur zahlende Mitglieder der Entwicklergemeinde erhalten Zugriff auf dieses Produkt.

Einige Zeit später entfernte Autodesk auch ObjectDBX aus seiner öffentlichen Downloadzone und es offenbarte sich die enorme Abhängigkeit von der Firmenpolitik eines einzelnen Softwareriesen.

- Die Verbreitung objektbasierter CAD-Systeme bewirkt eine Professionalisierung auf der Entwicklerseite.

Die ursprüngliche Universalität, Offenheit und einfache Programmierbarkeit primitiver Objekte geht verloren. Dafür etablieren sich gekapselte Systeme, die nur innerhalb der vorgedachten Grenzen enorm leistungsfähig sind. Einher geht die Zunahme der Komplexität und Abhängigkeit von vordefinierten Strukturen; die Hürden für Eingriffsmöglichkeiten aus Sicht der Anwender erhöhen sich dramatisch.

### Funktionsweise einer Schnittstellenlösung

Bei einer Schnittstellenlösung werden inkompatible Partialmodelle, wie sie für ein virtuelles Unternehmen typisch sind, individuell miteinander gekoppelt.

Inkompatibilität bedeutet, dass kein Medium zur direkten und vollständigen Abbildung der Objekte aus dem einen System in adäquate Objekte des anderen Systems anwendbar ist.

Die Ursache für Inkompatibilität kann das Fehlen entsprechender Standards sein oder die fehlende bzw. unvollständige Unterstützung eines existierenden Standards durch einen der am Austausch Beteiligten.

Ein Austausch zwischen zwei inkompatiblen Systemen erfordert theoretisch die Definition eines Mediums sowie die Programmierung zweier Schnittstellenprozessoren: einer als Sender und einer als Empfänger.

Aufgrund der hohen Verbreitung und der Unterstützung von Benutzerdaten, ist DXF/DWG prinzipiell als Medium für die Implementierung von „Punkt-zu-Punkt-Kopplungen“ mehrerer Systeme über individuelle Schnittstellen geeignet. Auch Objektbeziehungen (Ownership) lassen sich in DXF/DWG darstellen.

Die Anzahl an erforderlichen Schnittstellenprozessoren (SP) kann in Abhängigkeit der zu verknüpfenden Systeme (S) für den bidirektionalen Datenaustausch wie folgt beschrieben werden:

$$SP = S * (S - 1) ;$$

Im Fall von Basys beträgt also die theoretische Anzahl von Schnittstellenprozessoren:

$$SP = 6 * 5 = 30;$$

Praktisch wird eine Schnittstellenlösung durch die Programmierbarkeit der beteiligten Systeme stark eingeschränkt. In Basys ist sie nur für eines der 6



eingestzten Systeme direkt durch den Anwender bzw. das ifib gegeben. Bei den anderen Systemen sind Programmierleistungen durch die Softwarehersteller erforderlich.

Dabei spielt die Qualität vorhandener Schnittstellenprozessoren eine kostenbestimmende Rolle: je mehr auf eine vorhandene Grundfunktionalität aufgebaut werden kann, desto geringer die Kosten.

Im Rahmen der Bearbeitung wurde festgestellt, dass Softwarehäuser z.T. Schnittstellenprozessoren mit erheblichen Defiziten und Mängeln anbieten und die Unwissenheit ihrer Kunden ausnutzen. Hinsichtlich des Datenaustausches kann man sich keinesfalls auf die Nennung von Standardschnittstellen in Prospektunterlagen verlassen; das Prüfen der Qualität der Schnittstelle ist unabdingbar.

In der Regel besteht Inkompatibilität nicht auf der untersten Eben der graphischen Information durch Primitive (Linien, Kreise, Bögen etc...), sondern auf der mittleren Ebene der strukturellen Organisation von Information (Koordinatensysteme, Klassen, Hierarchien, Eigenschaften etc...) und auf der oberen Ebene der semantischen Information (Wände, Decken, Öffnungen etc..).

Für den Austausch bei einer Schnittstellenlösung können daher meistens die komplexen Objekte des Senders (z.B. eine Wand) durch primitive Elemente umschrieben werden (z.B. 3D-Flächen). Für die erforderliche semantische Information (z.B. die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Bauteil und dessen Typ) werden Konventionen vereinbart, die im Einzelnen von den strukturellen Möglichkeiten der beteiligten Systeme abhängen.

Z.B. kann die Zugehörigkeit einer 3D-Fläche zu einem bestimmten Bauteil durch einen Layernamen kodiert werden:

*alle 3D-Flächen auf Layer „WAND-1“ bilden die erste Wand*

Das empfangende System muß beim Parsen der Austauschdatei die Konventionen erkennen und in die entsprechenden Objekte des eigenen Systems auflösen.

In der Praxis ergaben sich bereits auf dieser Stufe enorme Probleme: Wände, vom Architekten ohne innere Aufteilung geplant, konnten nicht als isolierte, leere, vom Holzbauprogramm zu füllende Container eingelesen werden, weil die Software DiCam Wände angeblich nicht losgelöst von einem komplexen konstruktiven Zusammenhang darstellen kann.

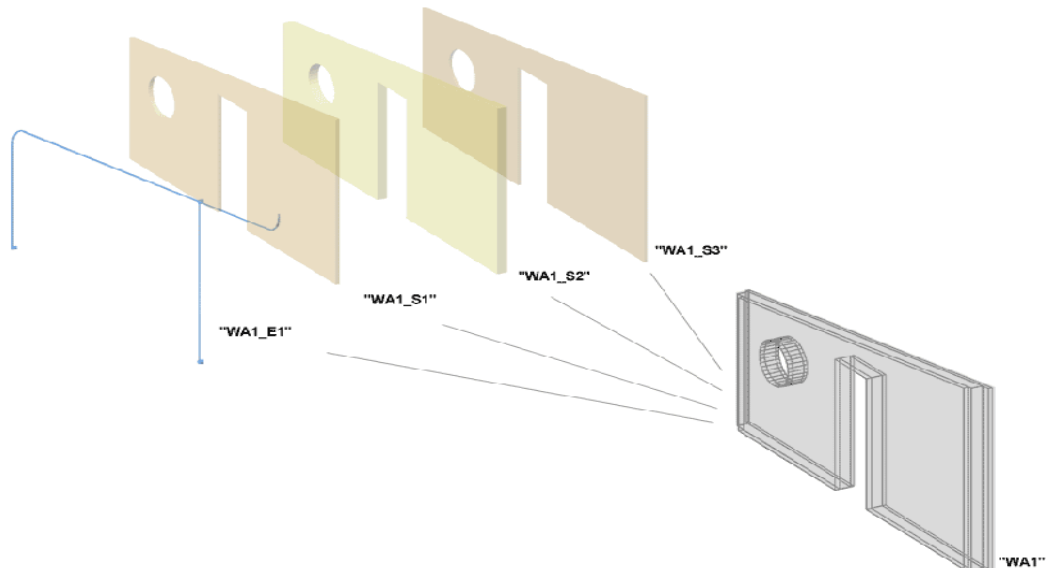


Abb 7. in Basys erarbeiteter Lösungsvorschlag zum Austausch semantischer Informationen zwischen dem CAD -und dem CAM-System mittels verschachtelter Blockstrukturen. Das empfangende System erkennt am Suffix, ob ein Block ein zu addierendes oder ein zu subtrahierendes Volumen enthält; Die Beschreibung der Volumina erfolgt als „Nemetschek-Körper“. (Quelle: ifib)

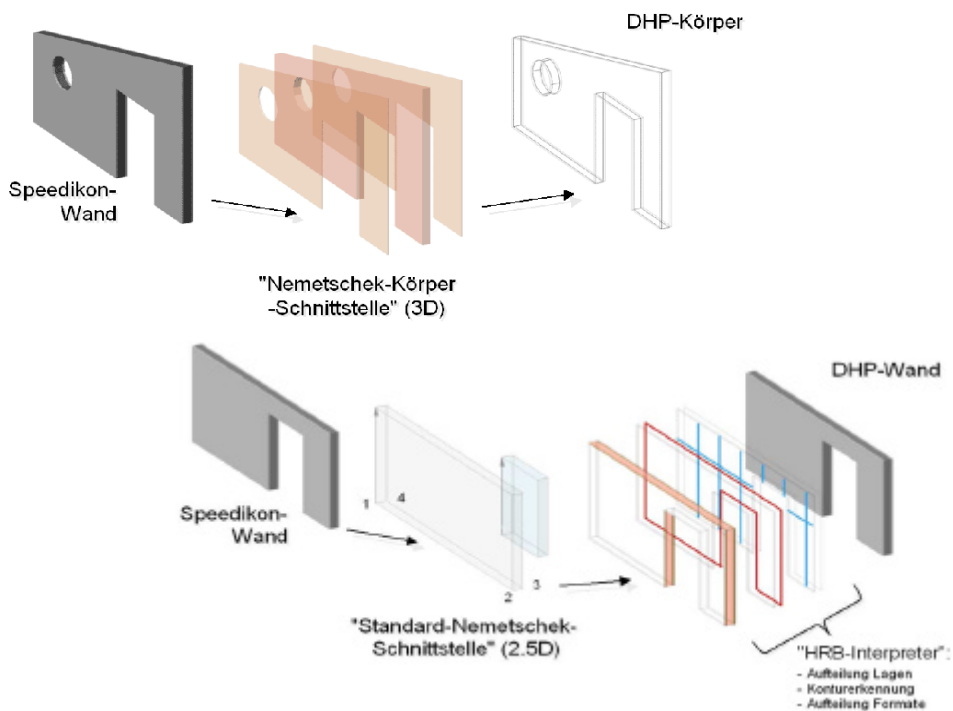


Abb 8. Konflikt bei der Schnittstelle zu DiCam: 3D-Körper mit Verlust der semantischen Wandinformation oder Wandfunktionalität mit Einschränkung auf 2,5D (extrudierte Rechtecke) (Quelle: ifib).

### 3. 3. 2. Praktische Umsetzung einer Schnittstellenlösung

Die praktische Arbeit an der Schnittstellenlösung war von einigen Phänomenen geprägt, die bei Antragstellung nicht bekannt waren und die hier vorneweg genannt werden sollen.

#### Halbwertszeit von Software

Bei der Software des Holzbauunternehmens lagen keine brauchbaren Schnittstellenbeschreibungen vor. Stattdessen wurden dem ifib Testversionen zur Verfügung gestellt. Während des Bearbeitungszeitraums fanden vier Releases statt mit grundlegendem Wechsel der Funktionalitäten und dem Umstieg in der graphischen Benutzerführung von einem DOS-basierten auf ein Windows-ähnliches System. Die fehlende Kontinuität behinderte die Arbeit des ifib erheblich.

#### Qualität von Schnittstellen

Die Software des Holzbauunternehmens postulierte zwar in ihren Prospekten die Existenz einer DXF- und einer HLI-Schnittstelle, bei genauer Betrachtung jedoch ergab sich eine minimale Qualität dieser Schnittstellen aufgrund eines erheblich reduzierten Funktionsumfangs. Die Schnittstellen waren nicht systematisch entwickelt worden, sondern partielle Lösungen aus vorangegangenen Kundenaufträgen. Die für die Belange des Verbundvorhabens erforderliche 3D-Fähigkeit fehlte bei allen verfügbaren Schnittstellen. Stattdessen war eine sogenannte 2.5-D- Fähigkeit verfügbar, welche lediglich die Übertragung von aus dem Weltkoordinatensystem extrudierten Rechtecken zuließ. Aufgrund der Eingrängzung des Bausystems auf den zwei- bis dreigeschossigen Wohnungsbau bedeutet dies, dass zwischen 30% und 70% aller Wände mit dieser Schnittstelle nicht übertragen werden konnten.

Besonders ärgerlich war, dass das Softwarehaus die Defizite nicht zugeben konnte und eine Hinhaltungspolitik betrieb.

## Die realisierte Schnittstellenlösung

Für die implementierte Schnittstellenlösung wurde nach pragmatischen Kriterien verfahren. Primäres Ziel war einen gangbaren Weg für die Realisierung einer CAD-CAM-Kette zu finden.

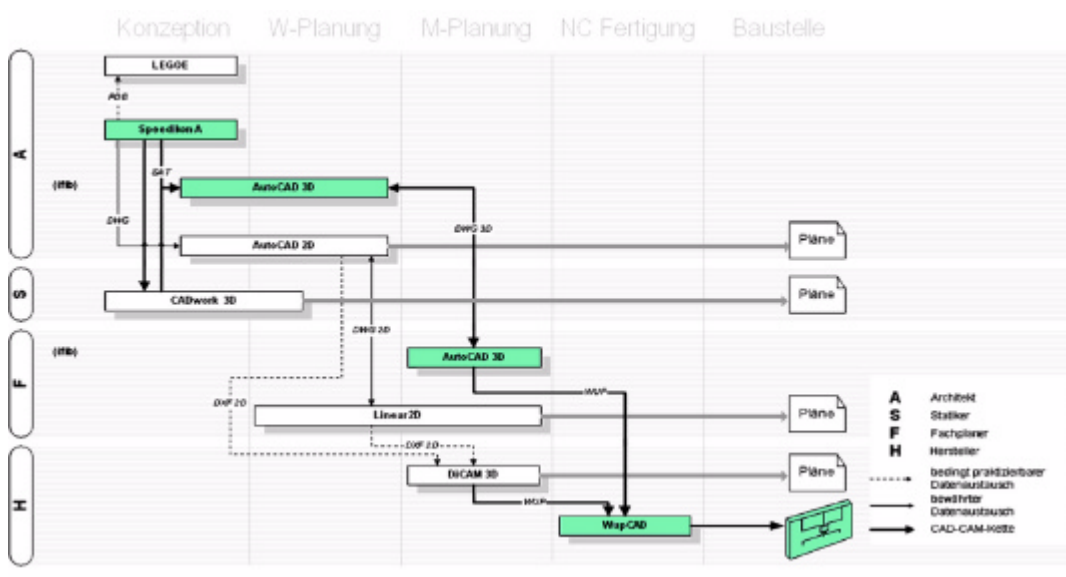


Abb 9. Bei der integralen Planung maßgebliche Planungssoftware. Grün dargestellt die für die geschlossene CAD-CAM-Kette in Basys erforderliche Parallelstruktur (Quelle: ifib).

## Die Systemplanung

Für die Systemplanung besteht bei der integralen Planung eine enge Kooperation zwischen Architekt, Statiker, Fachplaner und Holzbauunternehmen. Planungsgegenstand in dieser Phase sind zunächst v.a. Regeldetails und Bauteilkataloge, welche die Grundlage des Systems bilden und zweidimensional dargestellt werden.

Die Details konnten problemlos als DXF-Zeichnungen ausgetauscht werden; alle Akteure der integralen Planungsphase konnten sie erzeugen und lesen.

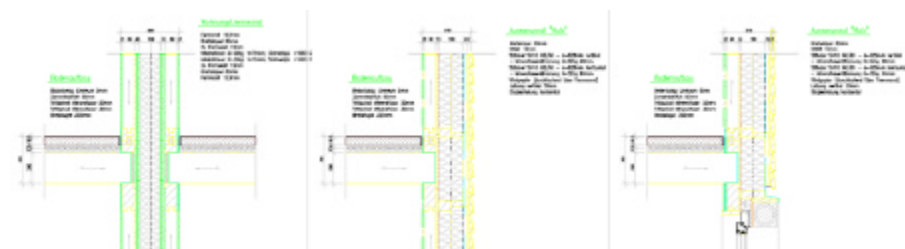


Abb 10. Im Auftrag des Holzbauunternehmens vom Statiker entwickelte Details für das BV Bornstedter Feld (Quelle: ifib)

## Die Entwurfsplanung

Für die Entwurfsplanung bestand für den Architekten eine Bindung an das CAAD-System Speedikon-A von der IEZ AG, Bensheim, wegen der existierenden und ausbaufähigen Schnittstelle zur Bewertungssoftware LEGOE. Während der Projektlaufzeit von Basys wurde diese Schnittstelle im Auftrag erweitert. Es entstand eine ODBC-Anbindung von Speedikon an den Elementkatalog von LEGOE, welche im Schlußbericht des Partners Holger König genauer beschrieben ist.

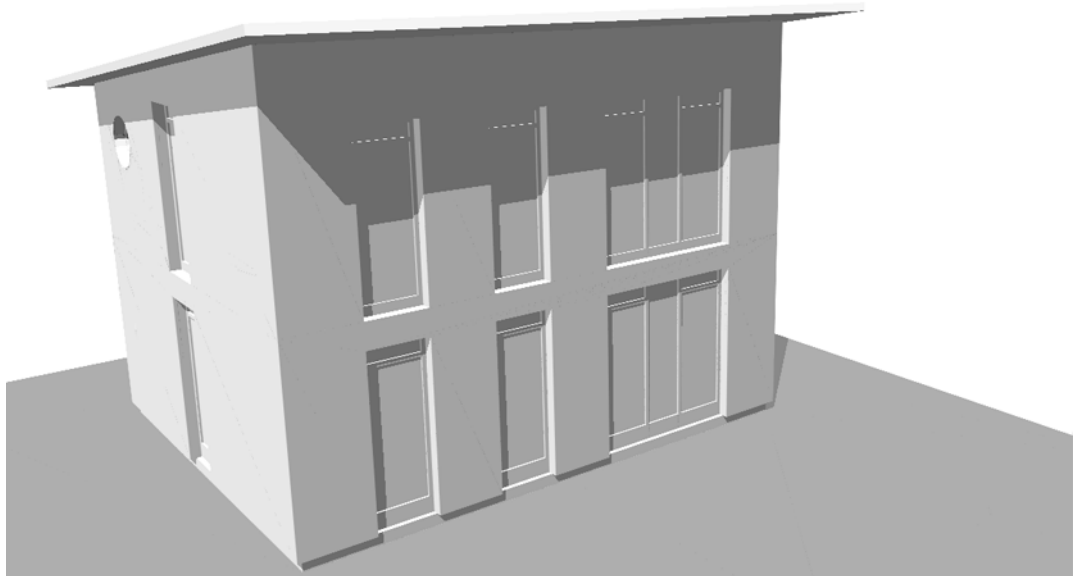


Abb 11. Entwurf eines Musterhauses für das Bausystem Basys (Quelle: ifib)

Bei der Entwurfsplanung besteht eine enge Zusammenarbeit v.a. mit dem Statiker und dem Fachplaner. Für den Datenaustausch mit diesen Partnern wurde vom ifib ein Konvertierungstool entwickelt, welches aus den 3D-Flächen der Speedikon-Objekte allgemein editierbare ACIS-Volumenkörper erzeugt (Quellcode im Anhang). Umgekehrt konnte AutoCAD die vom Statiker bearbeiteten ACIS-Volumenkörper wieder einlesen.

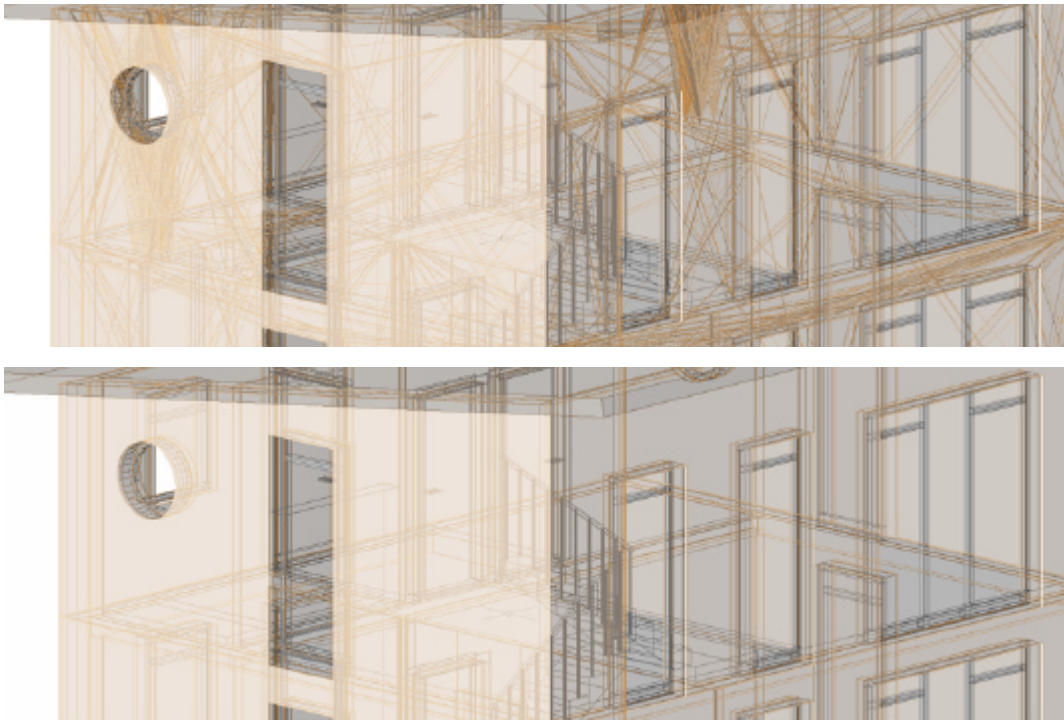


Abb 12. Das Musterhaus vor und nach der Konvertierung: oben eine Ansammlung loser 3D-Flächen, unten die umgewandelten und editierbaren ACIS-Volumenkörper

Die Werkzeuge der Fachplaner sind gegenwärtig noch überwiegend zweidimensional. Daher fehlen beim beteiligten Haustechnikunternehmen einschlägige Kenntnisse in der 3D-Navigation und 3D-Modellierung. Seine Planung erfolgt mit der Fachapplikation Linear, welche auch auf AutoCAD basiert. Die Integration seiner Planung in das ACIS-basierte Gebäudemodell wurde vom ifib manuell und deshalb nur exemplarisch übernommen.

Die Platzierung kontinuierlich gekrümmter Leitungen (siehe „Das Installationssystem“ auf Seite 35) unter Einhaltung der erforderlichen Minimalradien ist kein triviales Problem. Vom ifib wurde hierfür ein Hilfsprogramm entwickelt, womit das Problem iterativ gelöst werden kann.

Die Übernahme der Änderungen vom Statiker und Fachplaner in das digitale Gebäudemodell von Speedikon erforderte eine rein manuelle Nachführung, da die proprietäre Datenbank von Speedikon zur Projektlaufzeit keinerlei Eingriffe mittels Programmierwerkzeugen zuließ.

## Die Fertigungsplanung

Für die Fertigungsplanung zur CNC-gesteuerten Bauteilbearbeitung diente AutoCAD als zentrale Plattform.

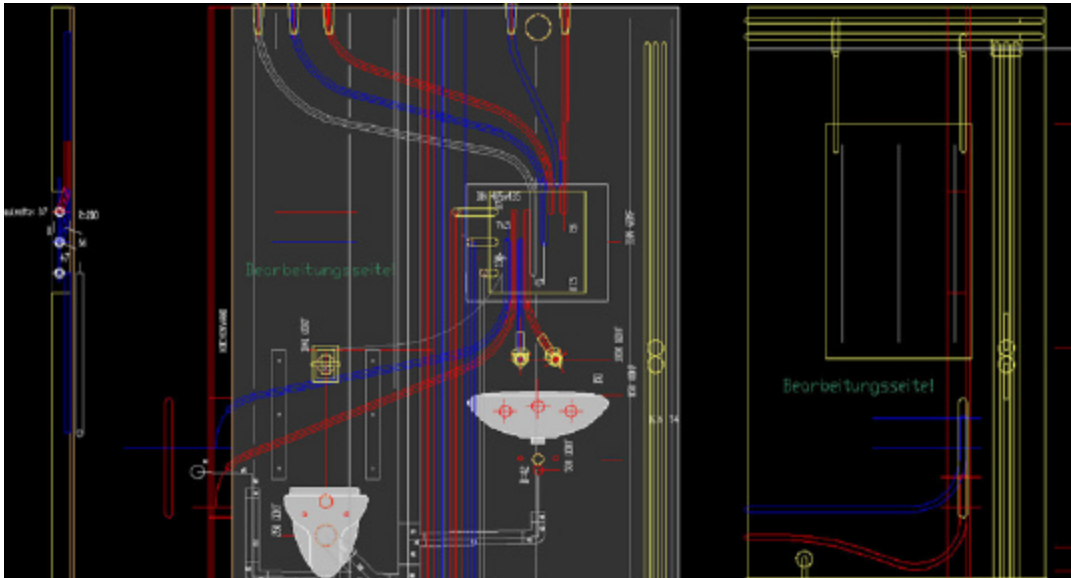


Abb 13. CNC-gerechte Bauteilmodellierung in AutoCAD (Quelle: ifib)

Im Auftrag der Fa. Merkle wurde vom ifib eine Software erstellt, die in einem eigenen Abschnitt unter „CAD-CAM-Schnittstelle“ auf Seite 61 ausführlicher dargestellt wird. Im Folgenden wird diese Software nur im Hinblick auf die Kooperation erläutert.

Die Entwurfsplanung lag in Form der ACIS-Volumenkörper vor und mußte für die Fertigung erheblich umgearbeitet werden.

Der Grund ist die unzureichende 3D-Qualität der Architektenzeichnungen für die Fertigung. Die Defizite liegen nicht im Bereich der numerischen Genauigkeit, sondern bei der fehlenden oder aufgrund unbeherrschbarer Automatismen falschen Auflösung konstruktiver Details.

Das ifib zeigte für die CAAD-Software Speedikon den Zusammenhang zwischen Bearbeitungsaufwand und erzielbarer fertigungsbezogener 3D-Qualität auf. Das Brettstapelsystem des beteiligten Holzbauunternehmens wurde in Wandprototypen für Speedikon abgebildet, deren korrekte Handhabung den dreifachen Zeitaufwand gegenüber einer normalen Werkplanung erfordert, ohne daß dabei aber eine vollständig fertigungsgerechte Lösung entsteht.

Ein Vergleich mit anderen CAAD-Systeme förderte ähnliche Ergebnisse zu Tage: die meisten Systeme stellen Bauteilverschneidungen im Grundriss scheinbar korrekt dar, lassen aber keine Nachbearbeitung derselben zu. Da Verschneidungen für die Gestaltung des Montageablaufs von größter Bedeutung sind, haben automatisch generierte Verschneidungen ohne Korrekturmöglichkeit keine Relevanz für die Praxis.

Bauteilverschneidungen im Schnitt können von CAAD-Systemen überhaupt nicht fertigungsgerecht modelliert werden.

Daher wird bei der Nachmodellierung von Bauteilen in AutoCAD für die Fertigung weitgehend so verfahren, wie bei der Arbeit mit der CAM-Software des Holzbauunternehmens: alle Bauteile werden von Grund auf neu modelliert. Nur dadurch behält der Bearbeiter mit den gegenwärtigen Werkzeugen in den sehr unübersichtlichen Situationen bei der dreidimensionalen Modellierung den genauen Überblick über das bereits bewältigte und das noch zu modellierende Pensum.

Bei AutoCAD kann zwar das 3D-Modell zum direkten Abgreifen von Maßen hergenommen werden, aber der Nachteil fehlender Automatismen zur inneren Schichtaufteilung überwiegt. Die Rechtfertigung der vom ifib erstellten Software für AutoCAD liegt darin, dass sie im Gegensatz zu DiCam splineartige Leitungswege für bauteilintegrierte Installationen beschreiben und die CNC-Anlage damit ansteuern kann. (Siehe „CAD-CAM-Schnittstelle“ auf Seite 61).



Abb 14. Bauteilbearbeitung mit einer numerisch gesteuerten Multifunktionsbrücke der Fa. Weimann und Partner, Homag-Gruppe (Quelle: ifib)



Durch die parallele Modellierung des Gebäudes einmal für die CNC-Produktion und ein zweites Mal für die konventionellen Pläne des Architekten und des Haustechnikunternehmens entstand die Struktur, die in der Abbildung 9 auf Seite 56 dargestellt ist.

### 3. 3. 3. CAD-CAM-Schnittstelle

Vom ifib wurde im Auftrag der Firma Merkle eine im folgenden Abschnitt genauer beschriebene Schnittstelle von AutoCAD zur direkten Ansteuerung des Wandbearbeitungszentrums erstellt.

Die Notwendigkeit zur Programmierung einer eigenen CAD-CAM-Anbindung ergab sich zum einen daraus, dass Daten von der CAD des Architekten nicht in nennenswertem Umfang an das CAM-System übertragen werden konnten (siehe „Qualität von Schnittstellen“ auf Seite 55) und zum anderen aus dem Umstand, dass mit der vorliegenden CAM-Anlage die für eine bauteilintegrierte Leitungsführung erforderlichen, kontinuierlich gekrümmten Fräsbahnen weder beschrieben noch an die Multifunktionsbrücke ausgegeben werden konnten (siehe „Das Installationssystem“ auf Seite 35).

#### Prinzipieller Aufbau der CAD-CAM-Kopplung

Für die CAD-CAM-Kopplung werden innerhalb von AutoCAD primitive Elemente eingesetzt, um die geometrischen Informationen von Bauteilbearbeitungen darzustellen und mit den original AutoCAD-Befehlen modifizieren zu können. Die Elemente werden auf der Bearbeitungsseite als gewöhnliche AutoCAD-Objekte erzeugt und platziert. Mit original AutoCAD-Befehlen können auch die Modifikationen „Verschieben“, „Skalieren“, „Strecken“, „Kopieren“ und „Löschen“ vorgenommen werden.

Ergänzende, selbst definierte Befehle dienen dazu, die Elemente in Bearbeitungen zu verwandeln. Dabei wird fertigungstechnische Zusatzinformation wie Werkstückmaße, Lage (= Bearbeitungsschicht), Bearbeitungsseite (Bearbeitung von vorne oder von hinten), Werkzeugkorrektur (Werkzeug mittig, bzw. links oder rechts von der Achse) sowie Neigungswinkel bestimmt und verwaltet.

Die vorliegende Hardware des beteiligten Holzbauunternehmens unterstützt nur Bearbeitungen mit lotrecht stehendem Werkzeug. Trotzdem wurde die Option von Neigungswinkeln für alle Werkzeuge gemäß der allgemeinen Schnittstellenbeschreibung von Weinmann und Partner implementiert.

Folgende Elemente und Bearbeitungen werden unterstützt:

- Bohrungen: durch Kreise dargestellt.  
Über den Durchmesser wird Bohrkaliber über die Objekthöhe die Eindringtiefe beschrieben.
- Sägeschnitte: durch Linien dargestellt.  
Die Werkzeugkorrektur wird durch einen asymmetrischen Linientyp, die Schnitttiefe durch die Objekthöhe der Linie dargestellt.
- Fräsungen: durch Polylinien dargestellt.  
Zusatzinformationen wie beim Sägeschnitt.
- Nagelreihen: durch Linien dargestellt.  
Es besteht die Möglichkeit, Nagelreihen als Schraffuren zu erzeugen, wobei Sperrflächen berücksichtigt werden können. Die Linien erhalten Zusatzinformationen über Nagelungsart (Klammer, Nagel) und Nagelabstand.

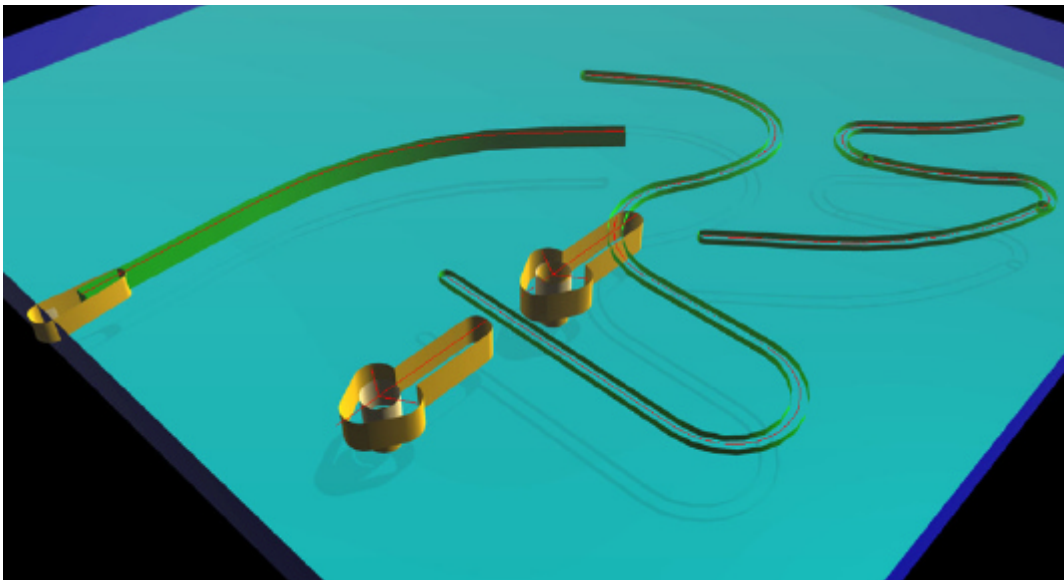


Abb 15. Modellierung von Testfräsungen aus AutoCAD heraus; das Bauteil ist transparent; die Bearbeitungen erfolgen an der Oberfläche; die Schatten verdeutlichen den Abstand zur Bauteilunterseite (Quelle: ifib)

## Kontinuierlich gekrümmte Fräsbahnen

Bei den Fräsbahnen für bauteilintegrierte Installationen kommt es wesentlich darauf an, dass möglichst große Krümmungsradien verwendet werden und keine abrupten Übergänge entstehen, damit die medienführenden Leitungen möglichst widerstandsarm eingezogen bzw. ausgewechselt werden können. Der Hersteller des verwendeten Systems für Sanitärinstallationen, die Firma Gunzenhauser, verfügt über langjährige Erfahrungen im Betonbau hinsichtlich Radien und Anzahl der Krümmungen.

Praktisch wurden zur Beschreibung der Bahnen statt Splines Abfolgen von Kreisbögen verwendet. Sie wurden nach einem einstellbaren Stichmaß einheitlich tesseliert.

## nicht behebbare Defizite

Die vorliegende Multifunktionsbrücke ist für den Holzrahmenbau entwickelt worden. Die Entwickler haben bei der Auslegung des gesamten Systems zulässige Hebelkräfte zugrunde gelegt, wie sie bei Bearbeitungen von Platten in Stärken von ca. 2 cm auftreten. Von diesen Schwächen sind alle Anlagenarme und insbesondere auch die Traktion betroffen.

Bei der Brettstapelbauweise treten höhere Kräfte auf, weil größere Materialstärken bearbeitet werden. Für das Einlegen von Leerrohren mit 25mm Durchmesser werden 27mm tiefe Fräsungen benötigt. Fräsungen für Einbauteile gehen häufig auf eine Tiefe von 50mm oder durchstoßen auch häufig den gesamten Brettstapelkern ( $\geq 80\text{mm}$ ).

Die Multifunktionsbrücke ist für abrupte Richtungswechsel der Werkzeuge ausgelegt, wie sie beim Bearbeiten rechtwinkliger Formen vorkommen. Spezielle Relaischalter verursachen deshalb nach jedem Datenpunkt einen „Notstopp“. Dies verlangsamt Bearbeitungen mit kontinuierlichen Koordinatenströmen erheblich. Für diesen Zweck optimal, wäre die Möglichkeit der Angabe von Beschleunigungen als Parameter in Abhängigkeit vom Richtungswechseln.

Ein weiteres, erhebliches Defizit liegt in der Haltetechnik. Die Tische verfügen über Spanndorne, welche ein Bauteil von den Seiten her halten. Für bauteilintegrierte Installationen ist ein seitliches Anfahren, zumal bei Verwendung trapezförmiger Fräser, unabdingbar. Die Haltedorne bedeuten eine erhebliche und nur schwer beherrschbare Gefahr für den Fräskopf. Darüber hinaus werden für Brettstapelbearbeitungen aufwändige

Unterkonstruktionen benötigt, um die Arbeitsebene auf eine von der Maschine erreichbare Höhe zu bringen.

Firma Weinmann sieht keinen Weg, die genannten Probleme mit adäquatem Aufwand zu lösen.

### Eigenschaften von Fräsungen

Es wurde festgestellt, dass die Genauigkeit in der XY-Ebene für das kraftfreie Positionieren des Werkzeuges im Bereich von 1 mm liegt. Bei der Bearbeitung unter Krafteinwirkung treten Toleranzen im Bereich von bis zu ca. +/- 5mm auf. Dies muß bei der Definition von Sperrzonen berücksichtigt werden.

Bei parallelen Fräsungen z.B. für Elektroinstallationen haben sich Stege von ca. 10mm zwischen den Nuten bewährt, um Leerrohre eindrücken und halten zu können. Bei Bedarf kann der Steg ohne Werkzeug ausgebrochen werden, um einen Spurwechsel des Mediums zu ermöglichen.

Die Rückseite einer Fräsung fällt wesentlich sauberer aus als die Bearbeitungsseite; sie erfüllt ohne nennenswerten Zusatzaufwand Sichtqualität. Hieraus eröffnen sich neue Designmöglichkeiten.



Abb 16. Qualität von Fräsungen auf der Bearbeitungs- und auf der Rückseite ; jeweils ohne Nachbearbeitung. (Quelle: ifib)

## Optimierungspotenziale

Derzeit liegt die reine Bearbeitungszeit durch die Maschine für ein Bauteil von der Komplexität des oben abgebildeten Musterbauteils bei ca. 2-3 h. Mit den nachfolgend beschriebenen Optimierungen könnte die Bearbeitungszeit mit der vorliegenden Anlage auf 0,5-1h reduziert werden:

- optimierte Werkzeuge.

Wegen der geringen Verwindungssteifheit der Multifunktionsbrücke und der daraus resultierenden Verformungen bei der Bearbeitung müssen Passfräsungen derzeit zwei Mal nachgefahren werden.

Der Durchmesser des derzeit größten verfügbaren Fräasers liegt bei 20mm, daher muß eine Kontur für breitere Medien in zwei Gängen erzeugt werden.

Alleine aus diesen beiden Aspekten ergibt sich ein Rationalisierungspotenzial von ca. 75% durch Einsatz von Fräsern, die passgenau auf das einzulegende Medium abgestimmt sind.

- Einheitliche Leerrohre.

Werkzeugwechsel sind zeitaufwändig und sollten minimiert werden. Daher ist eine Standardisierung der Leerrohre sinnvoll.

- Trapezförmige Fräser.

Der Einsatz zylindrischer Fräser hat zur Folge, dass eine Abdeckung der Leitungen z.B. für Druckproben von Sanitärinstallationen unerlässlich ist. Hieraus ergeben sich weitreichende Zwänge für das System mit Folgen für die Kooperation.

Mit trapezförmigen Fräsern können bauteilintegrierte Installationen auch in einer traditionellen, gewerkeorientierten Bauweise realisiert werden.

- Integrierte Funktionen.

Fräsen ist ein zusätzlicher Arbeitsschritt zum Schaffen von Installationsraum; Je mehr Aufgaben durch diesen Schritt erledigt werden können, desto rentabler ist die Maßnahme.

Passfräsungen können bei entsprechender Formgebung der Einbauteile auch zu deren Befestigen verwendet werden. Das Angebot an geeigneten Einbauteilen, ist derzeit noch gering. Innerhalb von Basys wurden erste

Kontakte zur Industrie geknüpft, um auf Problematik und Potenziale hinzuweisen.

Gefräste Markierungen können Montageerleichterungen bringen.

- Optimierte Einbauteile

Die Wandelemente bei der Brettstapelbauweise sind im Gegensatz zu denen der Holzrahmenbauweise in der Regel asymmetrisch. Die Asymmetrie resultiert aus der einseitigen Bearbeitung der Brettstapelkerne sowie aus der notwendigen mindestens einseitigen Beplankung.

Die anderen Symmetriebedingungen richten auch andere Anforderungen an die Einbauteile. Während im Holzrahmenbau die am Markt erhältlichen asymmetrischen Dosen gute Dienste erfüllen, führen sie bei der Brettstapelbauweise zu der wesentlichen Einschränkung, dass Zapfstellen nur einseitig ausgeführt werden können. Für die asymmetrische Brettstapelbauweise wären symmetrische Einbauteile erforderlich.

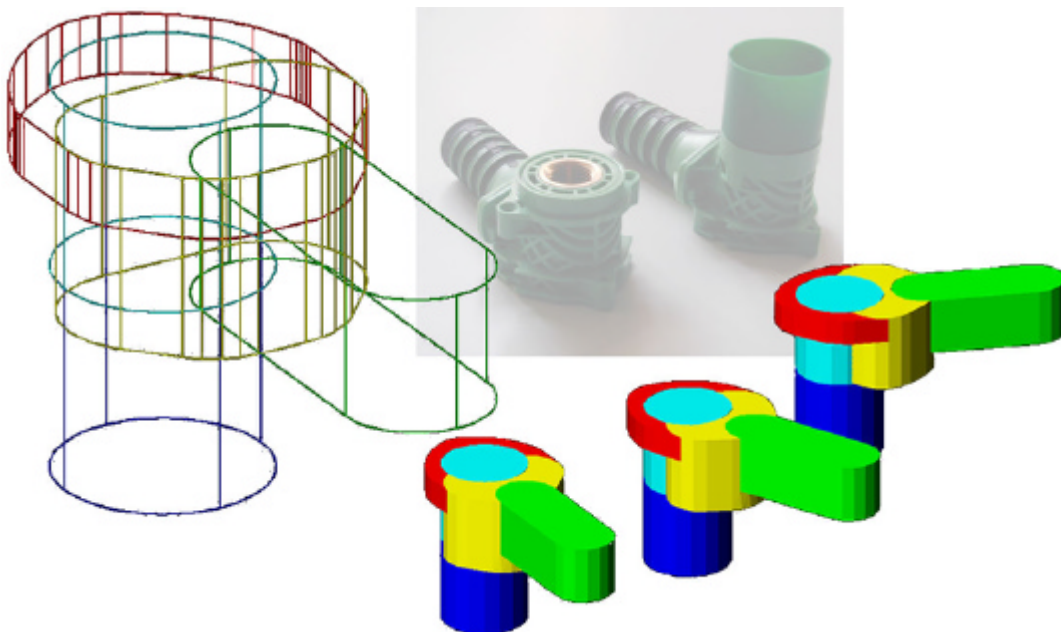


Abb 17. Bei der in Basys eingesetzten Dose (Foto rechts) handelt es sich um eine modifizierte Dose des Herstellers Gunzenhauser, bei der Befestigungslaschen am Dosenkörper entfernt wurden. Außerdem wurde ein gedichteter und einschraubbarer „Dosenhals“ verwendet, um die Kapselung des Systems bis an die Oberfläche des Brettstapelkerns fortzuführen. Das Dosenvolumen wird in 5 Schritten millimetergenau als Passfräsung gefräst (Quelle: ifib).

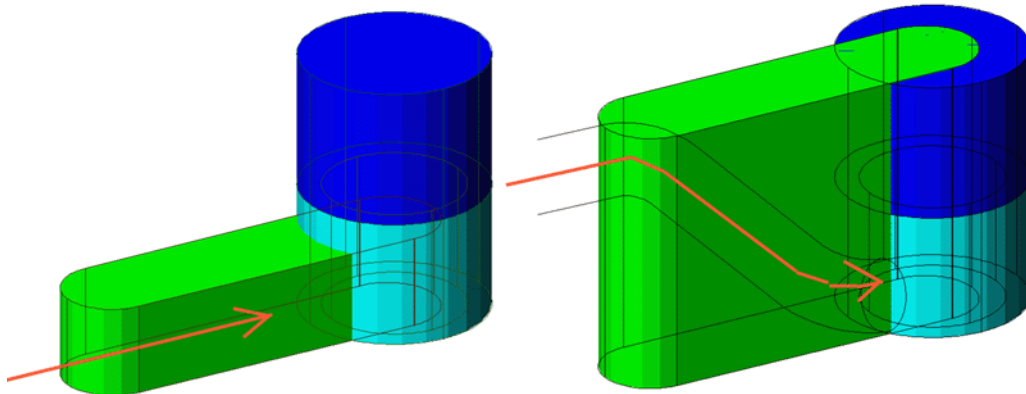


Abb 18. Für die beidseitige Ausbildung von Zapfstellen müssen Dosen in der Brettstapelbauweise anderen Symmetrieanforderungen genügen. (Quelle: ifib)

## Regeln für das Fräsen

Aus den Erfahrungen mit der CAD-CAM-Kopplung wurden folgende Regeln für das Fräsen aufgestellt:

- Leerrohre mit einheitlichen Durchmessern verwenden; Medien durch farbige Codierung unterscheiden.
- Wechsel der Bearbeitungsseite vermeiden.
- Fräsungen für mehrfache Funktionen verwenden; zum Bsp. Raum schaffen und Befestigen oder Raum schaffen und Markieren etc...

### 3. 3. 4. Konvertierung von Speedikon-Objekten in ACIS-Volumenkörper

Im Folgenden wird der vom ifib programmierte Schnittstellenprozessor beschrieben, mit dem Speedikon-Objekte für AutoCAD und CadWork verfügbar gemacht wurden.

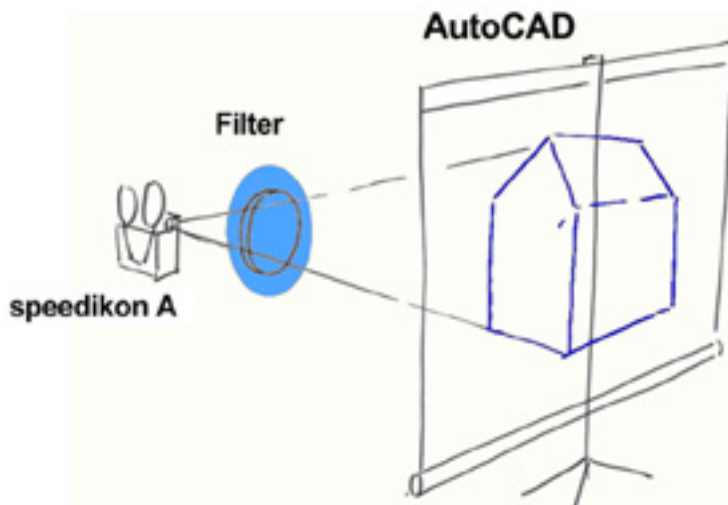


Abb 19. AutoCAD als „Projektionsleinwand“ zur Darstellung des digitalen Gebäudemodells von Speedikon; Über Speedikon-Filter wird der darzustellende Inhalt gesteuert (Quelle: ifib).

Das CAAD-System Speedikon verfügt über eine eigene, proprietäre und zur Projektlaufzeit nicht von Außen einsehbare Datenbank, in welcher das digitale Gebäudemodell verwaltet wird. Zur Darstellung des Gebäudemodells und für die Interaktion mit dem Benutzer verwendet Speedikon unterschiedliche CAD-Systeme: AutoCAD, MicroStation und eine Eigenentwicklung für Linux und Windows.

Alle graphischen Objekte in der Datenbank werden für die Darstellung trianguliert und als eine Vielzahl graphischer Primitive generiert, im Fall von AutoCAD sind sie vom Typ 3DFACE.

Für die Identifikation vom Benutzer gewählter Objekt durch die Bearbeitungsrountinen von Speedikon werden alle 3DFACES mit der ID des zugehörigen Datenbankobjektes versehen. Wenn der Benutzer ein Objekt für eine Änderung anwählt, liest Speedikon die gespeicherte ID und kann damit das zugehörige Datenbankobjekt identifizieren.

Die Bearbeitung erfolgt nicht wirklich an den in AutoCAD sichtbaren Objekten, sondern in der Datenbank von Speedikon. Nach dem Benutzereingriff erfolgt



ein neuer Aufbau der in AutoCAD sichtbaren Objekte aus der Datenbank heraus. Deshalb gehen sämtliche Änderungen verloren, welche nur an den sichtbaren Objekten und nicht an der Datenbank vorgenommen werden.

Die vom ifib entwickelte Software zur Konvertierung von Speedikon-Objekten in ACIS-Volumenkörper scant sämtliche 3DFACEs in der Darstellung und sortiert sie nach Bauteilen. Hierzu dienen die am Bauteil gespeicherten IDs, welche bei einem Bauteil für alle Bestandteile identisch sind. Im nächsten Schritt erfolgt eine Geometrieanalyse. Für sämtliche 3DFACEs eines Bauteils werden die Flächennormalen ermittelt und analysiert. Hierbei ist anzumerken, dass der Typ 3DFACE als „echtes“ 3D-Element keine Flächennormale im Sinne der 2,5D-Objekte im DXF besitzt. Vielmehr muß die Flächennormale über das Kreuzprodukt zweier Kantenvektoren ermittelt werden. Hiermit wird der Drehsinn der Eckpunkte entscheidend für die Orientierung des Normalenvektors.

In Abhängigkeit von dem ebenfalls als Extended Entity Data gespeicherten Bauteiltyp kann so festgestellt werden, ob ein 3DFACE einer Laibungsfläche oder einer Hauptfläche des Bauteils angehört. Alle 3DFACEs innerhalb von Hauptflächen mit identischen Flächennormalen werden über boolsche Operationen zu Objekten vom Typ REGION verschmolzen. Die Laibungsflächen werden auf wiederkehrende Maße untersucht, welche als Schichtdicke interpretiert werden.

Die Regionen werden dann mittels der Schichtdicke zu Objekten vom Typ 3DSOLID extrudiert. Abschließend findet eine Kantenbearbeitung statt, bei der Laibungsflächen ggf abgeschrägt werden. Dieser geometrisch sehr anspruchsvolle Vorgang wurde lediglich für konvexe Konturen implementiert.

Die vom ifib entwickelte Software ermöglicht unterschiedliche Strukturen für die Ausgabe des digitalen Gebäudemodells. Zunächst wird jede Schicht eines jeden Bauteils als voll editierbarer Volumenkörper dargestellt. Es besteht die Möglichkeit, diese Schichten nach den unterschiedlichsten Kriterien über boolsche Operationen zu Bearbeiten. Z.B. kann durch Vereinigung das komplette Brettstapelvolumen dargestellt werden; Fräsungen und Bearbeitungen können subtrahiert werden etc...

Neben der Abbildung einer jeden Schicht können die Volumenkörper auch zu hierarchischen Blöcken strukturiert werden, welche z.B. die Bauteilzugehörigkeit abbilden.

Bereits bei einfachen Gebäuden treten mehrere Zehntausend 3DFACEs auf. Die Geometrieanalyse erfordert außerdem leistungsfähige

Funktionsbibliotheken für lineare Algebra. Aus diesen beiden Gründen kam für die Entwicklung der Schnittstelle nur C++ mit ObjectDBX und ObjectARX in Frage (Siehe „Programmierwerkzeuge“ auf Seite 25.).

### 3. 3. 5. Schlussfolgerung

#### integrale Planung

Gegenüber einer konventionellen Planung wird bei der integralen Planung eine erhöhte Anstrengung in der Planungsphase in Kauf genommen, um schließlich in der Ausführungsphase davon profitieren zu können.

Bei der Entwicklung eines Bausystems wird dieser Zusammenhang signifikant verschärft, indem zu der Planungsleistung noch die Anforderung nach Übertragbarkeit auf andere Situationen hinzutritt.

Dieses Vorgehen erfordert bei allen Beteiligten ein wesentlich höheres planerisches Engagement. Durch die Intensivierung der Planungsleistung entsteht eine bedeutend höhere Menge an Festlegungen, die einen entsprechend hohen Verwaltungsaufwand und die Gefahr der Trägheit mit sich bringt. Es ist zu vermuten, dass der Aufwand aufgrund der Vernetztheit der Festlegungen exponentiell mit der Anzahl Festlegungen steigt.

Die Wiedergewinnung der Übersichtlichkeit muß deshalb primäres Ziel sein.

Ein Dokumentenmanagement, im Fall von Basys auch über das Internet, ist bereits ein richtiger Ansatz. Darüber hinaus sind aber v.a. Werkzeuge zur Unterstützung der Aneignungsprozesse erforderlich. Als Aneignung ist hier die Übernahme fremder Planung in das eigene Gebäudemodell gemeint.

Die Programmierung solcher Werkzeuge bedingt einen uneingeschränkten Zugriff auf das Gebäudemodell und/oder die Existenz einer leistungsfähigen Programmierumgebung. In diesem Zusammenhang ist die Tendenz zu begrüßen, dass immer mehr Softwarehersteller auch im CAD-Bereich eine Schnittstelle zum Component Object Model von Microsoft (COM, ActiveX) bereitstellen.

#### Kopplung von Planung und Fertigung

Für die CNC-Bearbeitung werden geometrische Festlegungen in einer sehr hohen 3D-Qualität benötigt. Solange kein gemeinsames Gebäudemodell existiert, das Überschneidungen und Widersprüche der Planung des

Architekten mit der Planung des Herstellers ausschließt, muß eine für die Fertigung erforderliche 3D-Qualität von einem System allein aufgebracht werden. Heutige CAAD-Systeme sind dabei eindeutig überfordert. Andererseits sind heutige CAM-Systeme nicht in der Lage, Hilfen für lebenszyklusorientierte Entscheidungen zu bieten.

Die fertigungsgerechte Planung stellt den Architekten vor die Frage, ob er bereit ist sich diese Nische durch Fleiß anzueignen und auf komfortable Werkzeuge zu verzichten; Statt mit bequemen, etablierten CAAD-Werkzeuge zu arbeiten, muß er sich dabei auf einfache und universelle CAD-Systeme einlassen, zu denen ein großes Angebot an CAD-CAM-Prozessoren existiert.

Eine rationellere Kopplung von Planung und Fertigung kann erreicht werden, indem die vorhandenen Schnittstellen zwischen Planer und Hersteller mit leistungsfähigeren Schnittstellenprozessoren ausgestattet werden und statt einer automatischen Übernahme der Daten auch hier intelligente, handwerksgerechte Aneignungsstrategien entwickelt und softwaremäßig unterstützt werden.

### Zukunft der Schnittstellen

Ein zentrales Gebäudemodell nach dem Vorbild der IFC ist wichtige Voraussetzung für eine effiziente Sternkopplung der am integralen Planungsprozess beteiligten Software. Es ist zu vermuten, dass binnen 10 Jahren sich die IFC als Standard etabliert haben werden, und dass dadurch der Geometriaustausch zwischen Planern und Herstellern vollständig gelöst sein dürfte.

Die IFC begünstigen auch in der Baubranche die sich schon abzeichnende Entstehung von Softwaresystemen nach dem Plattform-Konzept: ein einheitlicher CAD-Kernel als Basis, domainspezifische Plattformen als Mittelbau und darauf aufsetzend, produktbezogene Objekte kristallisieren sich bereits heraus.

Es kann als ein Erfolg von Basys betrachtet werden, dass der Hersteller des CAM-Systems, welches vom beteiligten Holzbauunternehmen eingesetzt wird, intensiv mit der Schnittstellenfrage konfrontiert wurde und in der Folge bereits erste Anstrengungen in Richtung auf eine IFC-Schnittstelle unternommen hat.

Das Projekt Basys hat aber gezeigt, dass die Diskussion um die Gebäudemodellierung zu stark auf technische Aspekte eines automatisierten Datenaustausches fokussiert. Hierin liegt eine gefährliche Unterschätzung wissensrelevanter Aneignungsprozesse, deren Bedeutung mit zunehmender

Komplexität der Projekte steigt. Bereits heutzutage erfolgt in der Praxis ein bedeutender Teil händischen Arbeitens aus Gründen der Aneignung und nicht aus einem Mangel an Schnittstellen.

### 3.4. K o m m u n i k a t i o n s m o d e l l

(von Claus-Jürgen Schink)

Zentraler Dreh- und Angelpunkt des Basys-Projektes war die verwendete und erweiterte Projektplattform im Internet.

Diese stellt nun eine vollständig, in der Praxis verwendbare Plattform dar, die geführt von einer übergeordneten Struktur, z.B ein Berufsverband, von einer breiten Schicht kleinerer und mittlerer Unternehmen erfolgreich genutzt werden kann.

Durch die Kombination mit den später im Text näher erläuternden Terminaldiensten können beliebig weitere Programme in die Plattform integriert werden. So z.B. auch branchenspezifische Programme oder Einzellösungen von Handwerkern.

Die Softwarepflege, die Datensicherungen und auch der Hardwarebedarf mit der damit verbundenen Systempflege kann komplett bei einem externen Dienstleister liegen.

Damit ist ein Lösungsweg aufgezeigt worden, der die Überlebensfähigkeit von kleinen Unternehmen erhöht, da diese technologisch mit anderen Schritt halten können. Der zusätzliche IT-Aufwand kann bei einem externen Spezialisten kostengünstiger erbracht werden, als dies der kleine Unternehmer in seinen Betrieb realisieren kann.

Innerhalb der Plattform sind neben den genannten Funktionen, die kommerziellen Programme MS-Project und Legoe abrufbar.

Wir hatten die Möglichkeit in dem Konsortium eine ganze Reihe von Techniken für das virtuelle Unternehmen zu evaluieren und für die Bauprojekte zu optimieren.

Über die reinen Kommunikationsstrukturen hinaus bietet die Plattform ein umfassendes Dokumentenmanagementsystem, dass um einige Komponenten erweitert wurde. Alle projektrelevanten Informationen, Protokolle, Statusberichte sind auf der Plattform verfügbar.

Die Plattform integriert ein Qualitätsmanagementhandbuch, an das Arbeits- und Verfahrensanweisungen angehängt werden können.

Viele Unternehmen haben zwar einen laufenden Projektbestand, bekommen aber die Ein- und Ausgaben nicht in den Griff, da die Projekt in der Regel überhaupt nicht Vor- bzw. Nachkalkuliert werden. Manches Architekturbüro ist bereits bankrott und weiß es noch nicht einmal.

Für die Wirtschaftlichkeit von Projekten und die damit verbundene Überlebensfähigkeit von kleinen und mittleren Unternehmen versprechen wir uns durch die in die Plattform integrierte projektbezogenen Zeiterfassung einen echten Mehrwert.

Es ist tagesgenau erkennbar, welche Ressourcen bereits für ein Projekt verbraucht wurden. Durch die Möglichkeit der Datenerfassung über das Netz sind auch externe Mitarbeiter und Heimwerker hervorragend in diesen Prozess mit einzubinden.

Wir möchten in dem nachfolgendem Abschnitt die Plattform als Teil der Erkenntnisse für die Arbeit innerhalb des basys-Projektes und des virtuellen Unternehmens anhand von Bildschirmfotos dokumentieren.

### 3. 4. 1. Erfahrungen und Akzeptanz der Nutzer mit der Basys-Plattform

Seit Juni 2000 konnte die Zugriffe der Projektpartner auf die Plattform detailliert protokolliert werden und zusätzlich im Browser visualisiert werden.

| userlogins für Projekt : BASYS |                     |                                    | Zugriffe für 9/2002   |
|--------------------------------|---------------------|------------------------------------|---|
|                                | (Datum)             | (user)                             |   |
| 1.                             | 02.09.2002 09:33:39 | <a href="#">Frank Schelling</a>    | <a href="#">[alle Zugriffe anzeigen]</a><br><a href="#">[innerhalb der letzten 14 Tage]</a> |
| 2.                             | 02.09.2002 09:48:13 | <a href="#">Klaus Sonnenmoser</a>  | <b>nach Monat:</b><br><a href="#">[Juni 2000 ] (42 logins)</a>                              |
| 3.                             | 02.09.2002 12:10:14 | <a href="#">Wolfgang Schafitel</a> | <a href="#">[Juli 2000 ] (11 logins)</a>  |
| 4.                             | 02.09.2002 15:09:50 | <a href="#">Joachim Eble</a>       | <a href="#">[August 2000 ] (34 logins)</a>  |
| 5.                             | 02.09.2002 15:38:12 | <a href="#">Peter Thomas</a>       | <a href="#">[September 2000 ] (71 logins)</a>   |
| 6.                             | 03.09.2002 10:15:49 | <a href="#">Joachim Eble</a>       | <a href="#">[Oktober 2000 ] (229 logins)</a>  |
| 7.                             | 03.09.2002 10:37:02 | <a href="#">Klaus Sonnenmoser</a>  | <a href="#">[November 2000 ] (130 logins)</a>   |
| 8.                             | 03.09.2002 12:08:40 | <a href="#">Wolfgang Schafitel</a> | <a href="#">[Dezember 2000 ] (87 logins)</a>  |
| 9.                             | 03.09.2002 12:58:51 | <a href="#">Joachim Eble</a>       | <a href="#">[Januar 2001 ] (125 logins)</a>   |
| 10.                            | 03.09.2002 14:18:02 | <a href="#">Peter Thomas</a>       | <a href="#">[Februar 2001 ] (141 logins)</a>  |
| 11.                            | 03.09.2002 14:19:35 | <a href="#">Peter Thomas</a>       | <a href="#">[März 2001 ] (153 logins)</a>   |
| 12.                            | 03.09.2002 17:06:58 | <a href="#">Wolfgang Schafitel</a> | <a href="#">[April 2001 ] (98 logins)</a>   |
| 13.                            | 03.09.2002 17:45:30 | <a href="#">Peter Thomas</a>       | <a href="#">[Mai 2001 ] (112 logins)</a>  |
| 14.                            | 04.09.2002 06:49:01 | <a href="#">Wolfgang Schafitel</a> | <a href="#">[Juni 2001 ] (91 logins)</a>  |
| 15.                            | 04.09.2002 09:19:46 | <a href="#">Klaus Sonnenmoser</a>  | <a href="#">[Juli 2001 ] (58 logins)</a>  |
| 16.                            | 04.09.2002 09:42:40 | <a href="#">Joachim Eble</a>       | <a href="#">[August 2001 ] (38 logins)</a>  |
|                                |                     |                                    | <a href="#">[September 2001 ] (164 logins)</a>  |
|                                |                     |                                    | <a href="#">[Oktober 2001 ] (72 logins)</a>   |
|                                |                     |                                    | <a href="#">[November 2001 ] (150 logins)</a>   |
|                                |                     |                                    | <a href="#">[Dezember 2001 ] (92 logins)</a>  |
|                                |                     |                                    | <a href="#">[Januar 2002 ] (129 logins)</a>   |
|                                |                     |                                    | <a href="#">[Februar 2002 ] (65 logins)</a>   |
|                                |                     |                                    | <a href="#">[März 2002 ] (128 logins)</a>   |
|                                |                     |                                    | <a href="#">[April 2002 ] (121 logins)</a>  |

Abb 20. Gesamtzugriffe innerhalb des Projektes (Bildschirmfoto aus Plattform)

Alle Anmeldungen an der Projektplattform wurden erfasst und für die anderen Projektpartner transparent dargestellt.

Durch diese Art der Darstellung wurde das Projekt kontinuierlich "am Leben gehalten", da eine längere Abwesenheit oder inhaltliche Entfernung vom Forschungsprojekt sofort transparent war. Dies führte dazu, dass die anderen Projektpartner es sofort sahen, wenn jemand über einen längeren Zeitraum hinweg nicht mehr die Plattform genutzt hat.

Alleine für das Projekt Basys wurde das Internetbüro 3260 Mal, zum Teil mehrmals am Tag von den Projektpartnern genutzt.

### 3. 4. 2. Zentrale Arbeitsoberfläche

Wir wollten die physikalische Menge an Daten die an den Clienten, in diesem Fall einem Beliebigen Internetbrowser, gesendet wurden möglichst gering halten. Aus diesen Grunde haben wir auf aufwändige Grafiken verzichtet, was die Geschwindigkeit der Plattform zusätzlich gesteigert und Verbindungskosten senkt.

Die zentrale Arbeitsoberfläche ist in 4 Teile gegliedert. Auf der oberen Leiste, quasi als fester Anker wurden 5 zentrale Navigationspunkte gesetzt, über die der Nutzer immer wieder zum Ausgangspunkt springen konnte. Er kann

ebenfalls erkennen, wann er sich angemeldet hat und wie lange er schon online ist.

Auf der rechten Seite ist ständig eine Leiste aktiv, in der die momentan angemeldeten Benutzer der Plattform zusehen sind. Dabei können z.B. 100 Benutzer angemeldet sein, man sieht jedoch nur diejenigen, mit denen man ein Projekt gemeinsam bearbeitet. Wir nennen dies die "who's online" - Funktion.

Auf der linken Seite erscheinen die möglichen Befehlen oder Module, die zu dem jeweiligen Kontext passen.

In der Mitte erscheinen die Funktionen, die der Benutzer aufgerufen hat. In der folgenden Abbildung handelt es sich um die zentrale Einstiegsseite, in der alle aktuellen Projekte und Termin aufgelistet sind. Außerdem sind sofort die neuen Dokumente ersichtlich, die in den letzten Tagen auf die Plattform gelegt worden sind.

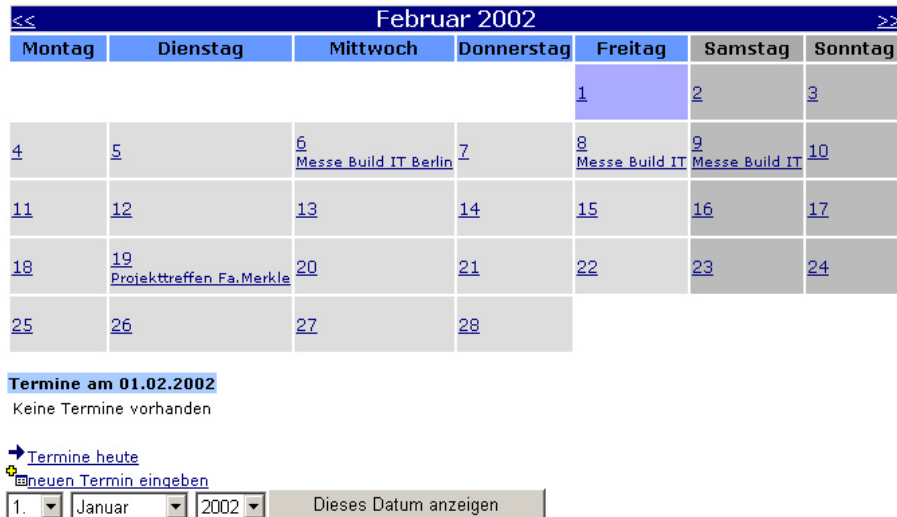


| betreff Projekt | Dateiname                           | publiert von | publiziert am       | Tags alt |
|-----------------|-------------------------------------|--------------|---------------------|----------|
| BAVS            | To241002.doc                        | Helmut König | 22.10.2002 20:19:54 | 24       |
| BAVS            | Varic_Mokalders.doc                 | Joachim Ehle | 22.10.2002 11:00:23 | 23       |
| BAVS            | Optimierer_Wohnbaukzsp...171002.pdf | Joachim Ehle | 17.10.2002 20:55:41 | 29       |
| BAVS            | Optimierer_Wohnbaukzsp...171002.doc | Joachim Ehle | 17.10.2002 20:52:29 | 29       |

Abb 21. Arbeitsplatz/Gesamtübersicht Plattform

In der Plattform wurden einige Module implementiert, die aus der Lehre stammen, so wurde z.B. ein kleiner Chat übernommen, den wir für die Betreuung der Studenten über das Netz verwenden. Weiterhin ein Terminkalender, der dann allen Projektpartnern als gemeinsamer Terminkalender zur Verfügung gestellt wurde. In diesem konnte man neben

persönlichen Terminen auch für das Basys-Projekt oder Bornstetter Feld (Evaluierungsprojekt in Potsdam) Termine erfassen, die dann allen anderen betroffenen Projektpartnern automatisch angezeigt wurden.



<< Februar 2002 >>

| Montag | Dienstag                       | Mittwoch                   | Donnerstag | Freitag             | Samstag             | Sonntag |
|--------|--------------------------------|----------------------------|------------|---------------------|---------------------|---------|
|        |                                |                            |            | 1                   | 2                   | 3       |
| 4      | 5                              | 6<br>Messe Build IT Berlin | 7          | 8<br>Messe Build IT | 9<br>Messe Build IT | 10      |
| 11     | 12                             | 13                         | 14         | 15                  | 16                  | 17      |
| 18     | 19<br>Projekttreffen Fa.Merkle | 20                         | 21         | 22                  | 23                  | 24      |
| 25     | 26                             | 27                         | 28         |                     |                     |         |

**Termine am 01.02.2002**  
Keine Termine vorhanden

[Termine heute](#)  
[neuen Termin eingeben](#)

1. | Januar | 2002 | Dieses Datum anzeigen

Abb 22. Gemeinsamer Projekterminkalender kombiniert mit persönlichen Terminen (Bildschirmfoto)

Ein wesentlicher Nutzen bestand darin, dass die Arbeitsvorbereitung für die Treffen und die benötigten Unterlagen, visuell nah beieinander lagen. Man konnte den Erhalt von Dokumenten, die Kenntnisnahme durch die Projektpartner und die noch fehlenden Unterlagen im Vorfeld problemlos koordinieren. Ein völliger Ersatz für die eigenen Terminkalender konnte das Modul jedoch nicht bieten. Personal Information Manager, Personal Digital Assitants oder handschriftlich geführte Kalender wurden parallel geführt.

Die Basysnetz-Plattform wurde für eine Mehrprojektfähigkeit konzipiert und kann beliebig viele Projekte und beliebig viele Nutzer parallel verarbeiten. Die Grenzen lagen hier eher in der physikalischen Grenzen der Datenbank, die dann aber bei mehreren tausend Projekten und Nutzern liegen würde, bzw. der Netzwerkschnittstellen, verfügbaren Rechenzeit auf dem Webserver etc.

Von dem zentralen Arbeitsplatz konnte man durch einfaches anklicken eines Projektes in das entsprechende Projektraum gelangen, der projektspezifische Module und Inhalte aufbereitet hat.



### 3. 4. 3. Projektraum

In dem nachfolgende Bild ist der Projektraum des Forschungsprojektes Basys zu sehen.

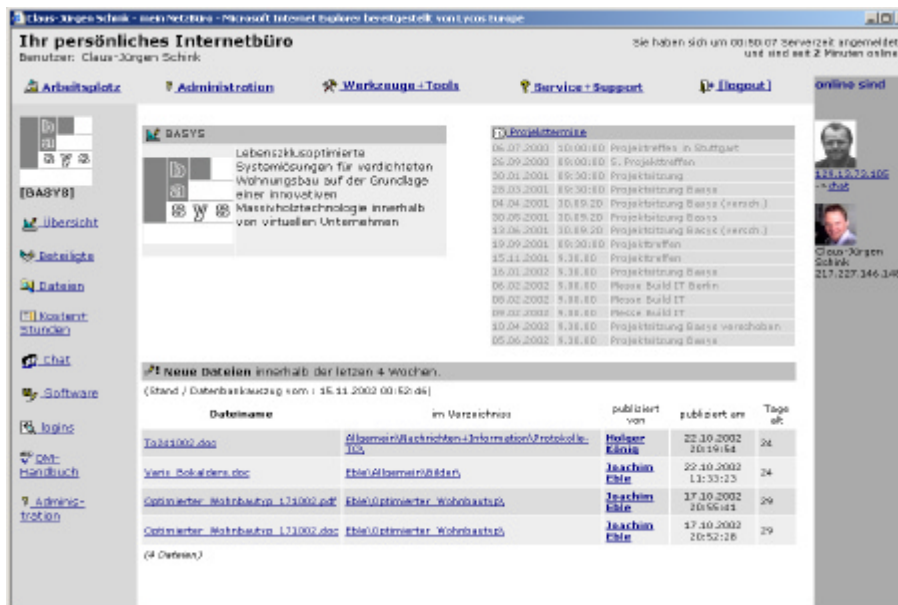


Abb 23. Projektraum Basys: Termine, abrufbare Module und neue Dokumente (Bildschirmfoto)

In dieser Übersicht werden alle relevanten Informationen aufbereitet und für die Nutzer visualisiert. Auf der linken Seite sind die passenden Befehle für das Projekt verfügbar. Sie sehen in der Mitte im Moment den Inhalt der Funktion „Übersicht“.

### 3. 4. 4. Projektbeteiligtenliste & Kommunikationsschnittstelle

Alle Beteiligten waren für die Projektpartner, auch wenn Sie sich z.T. noch nie gesehen hatten, oder ca. 800km auseinander arbeiteten trotzdem sichtbar. Die Funktion „Beteiligte“ generiert eine aktuelles Projektbeteiligtenblatt, aus dem alle wichtigen Informationen ablesbar sind. Die Funktion "Anzahl Besuche" und "zuletzt am" war relativ unbestechlich und wurde von keinem Partner als wirklich störend empfunden. Das Verwenden eines persönlichen Passbildes, wirkte der Anonymisierung des Systems entgegen.

Beteiligtenliste Projekt : **BASYS**
















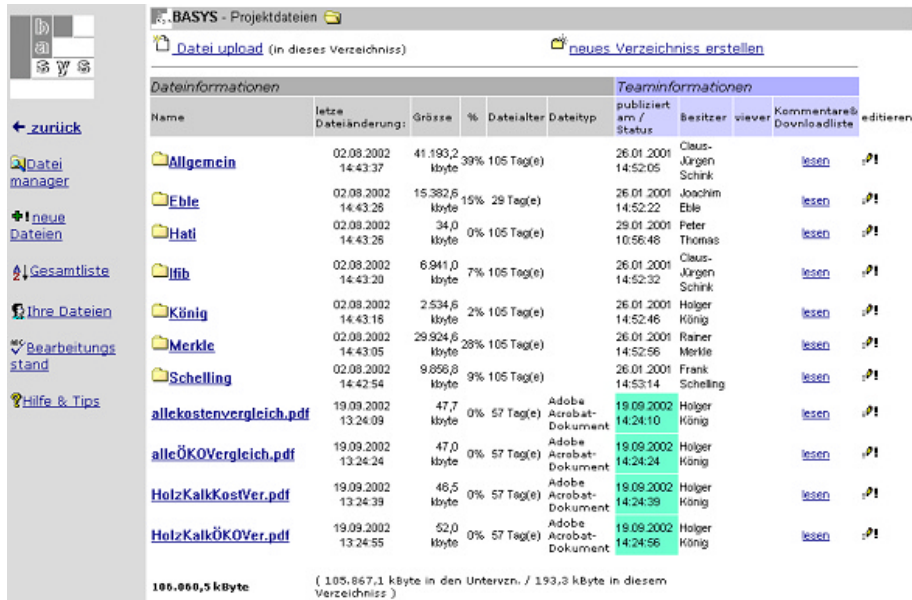
|   |  | Email / fastMail   | Telefon          | Im Team seit | Anzahl Besuche | zuletzt am          | Dateien  |
|---|--|--|------------------|--------------|----------------|---------------------|--|
|  | <b>Bundesministerium für Bildung und Forschung</b> | <a href="mailto:bmbf/">bmbf/</a>   |                  |              |                | 07.10.2002 13:28:24 |   |
|  | <b>Joachim Eble</b>                                | <a href="mailto:info@eble-architektur.de">info@eble-architektur.de</a>                         | 07071-9694-0     |              |                | 14.11.2002 12:13:18 |   |
|  | <b>Nils Edelmann</b>                               | <a href="mailto:nilsedelmann@web.de">nilsedelmann@web.de</a>                                   |                  |              |                | 09.11.2002 11:37:00 |   |
|   | <b>Roland Huber</b>                                | <a href="mailto:huber-solar@t-online.de">huber-solar@t-online.de</a>                           |                  |              |                | 18.07.2001 15:55:10 |   |
|   | <b>Pirmin Jung</b>                                 | <a href="mailto:pjunga@pirminjung.ch">pjunga@pirminjung.ch</a>                                 | 0041-414590011   |              |                | 02.08.2002 16:01:39 |   |
|  | <b>Holger König</b>                                | <a href="mailto:holger.ascona@t-online.de">holger.ascona@t-online.de</a>                       | 08142-59954      |              |                | 10.11.2002 14:50:33 |   |
|  | <b>Volker Koch</b>                                 | <a href="mailto:volker.koch@ifib.uni-karlsruhe.de">volker.koch@ifib.uni-karlsruhe.de</a>       | ++49-721-6087313 |              |                | 28.06.2002 10:37:26 |   |
|  | <b>Niklaus Kohler</b>                              | <a href="mailto:niklaus.kohler@ifib.uni-karlsruhe.de">niklaus.kohler@ifib.uni-karlsruhe.de</a> | ++49-721-6082166 |              |                | 05.10.2002 14:53:37 |   |
|   | <b>Rainer Merkle</b>                               | <a href="mailto:merkle-holzbau@t-online.de">merkle-holzbau@t-online.de</a>                     | 07023/900590     |              |                | 12.09.2002 09:30:21 |  |

Abb 24. Beteiligtenliste mit Kontaktverzeichnis (Bildschirmfoto)

### 3. 4. 5. Dokumentenmanagement & Workflow

Nach einer Analyse der Protokolldateien wurde die Funktion „Dateien“ am häufigsten aufgerufen. Wir hielten es für naheliegend, das Design des Dokumentenmanagements dem Aussehen der vertrauten PC-Arbeitsumgebung anzupassen, damit sich die Nutzer wiederfinden können.



| Dateiinformationen                      |                          |                   |     |            |                               | Teaminformationen            |                            |        |                             |           |
|---|--------------------------|-------------------|-----|------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|--------|-----------------------------|-----------|
| Name                                    | letzte<br>Dateiänderung: | Größe             | %   | Dateialter | Dateityp                      | publiziert<br>am /<br>Status | Besitzer                   | viewer | Kommentare<br>Downloadliste | editieren |
| 📁 Allgemein                             | 02.08.2002<br>14.43.37   | 41.193,2<br>kbyte | 39% | 105 Tag(e) |                               | 26.01.2001<br>14:52:05       | Claus-<br>Jürgen<br>Schink |        | <a href="#">lesen</a>       | !         |
| 📁 Ehle                                  | 02.08.2002<br>14.43.28   | 15.382,8<br>kbyte | 15% | 29 Tag(e)  |                               | 26.01.2001<br>14:52:22       | Joachim<br>Ehle            |        | <a href="#">lesen</a>       | !         |
| 📁 Hati                                  | 02.08.2002<br>14.43.26   | 34,0<br>kbyte     | 0%  | 105 Tag(e) |                               | 29.01.2001<br>10:56:48       | Peter<br>Thomas            |        | <a href="#">lesen</a>       | !         |
| 📁 ifib                                  | 02.08.2002<br>14.43.20   | 6.941,0<br>kbyte  | 7%  | 105 Tag(e) |                               | 26.01.2001<br>14:52:32       | Claus-<br>Jürgen<br>Schink |        | <a href="#">lesen</a>       | !         |
| 📁 König                                 | 02.08.2002<br>14.43.18   | 2.534,8<br>kbyte  | 2%  | 105 Tag(e) |                               | 26.01.2001<br>14:52:46       | Holger<br>König            |        | <a href="#">lesen</a>       | !         |
| 📁 Merkle                                | 02.08.2002<br>14.43.05   | 29.924,8<br>kbyte | 28% | 105 Tag(e) |                               | 26.01.2001<br>14:52:56       | Rainer<br>Merkle           |        | <a href="#">lesen</a>       | !         |
| 📁 Schelling                             | 02.08.2002<br>14.42.54   | 9.856,8<br>kbyte  | 9%  | 105 Tag(e) |                               | 26.01.2001<br>14:53:14       | Frank<br>Schelling         |        | <a href="#">lesen</a>       | !         |
| <a href="#">allekostenvergleich.pdf</a> | 19.09.2002<br>13.24.09   | 47,7<br>kbyte     | 0%  | 57 Tag(e)  | Adobe<br>Acrobat-<br>Dokument | 19.09.2002<br>14:24:10       | Holger<br>König            |        | <a href="#">lesen</a>       | !         |
| <a href="#">alleÖKOVergleich.pdf</a>    | 19.09.2002<br>13.24.24   | 47,0<br>kbyte     | 0%  | 57 Tag(e)  | Adobe<br>Acrobat-<br>Dokument | 19.09.2002<br>14:24:24       | Holger<br>König            |        | <a href="#">lesen</a>       | !         |
| <a href="#">HolzKalkKostVer.pdf</a>     | 19.09.2002<br>13.24.39   | 46,5<br>kbyte     | 0%  | 57 Tag(e)  | Adobe<br>Acrobat-<br>Dokument | 19.09.2002<br>14:24:39       | Holger<br>König            |        | <a href="#">lesen</a>       | !         |
| <a href="#">HolzKalkÖKOver.pdf</a>      | 19.09.2002<br>13.24.55   | 52,0<br>kbyte     | 0%  | 57 Tag(e)  | Adobe<br>Acrobat-<br>Dokument | 19.09.2002<br>14:24:56       | Holger<br>König            |        | <a href="#">lesen</a>       | !         |

100.000,5 kByte ( 1.05.867,1 kByte in den Unterverzn. / 193,3 kByte in diesem Verzeichnis )

Abb 25. Dokumentenmanagement innerhalb des Internetbrowsers (Bildschirmfoto)

Die üblichen Funktionen, wie z.B. das Erstellen, Ändern, Umbenennen, Löschen und Verschieben von Dateien und Ordern erforderten einige Zeit.

Wir standen vor der Wahl die Daten entweder komplett in eine Datenbank zu legen, vertraten aber die Ansicht, dass dies trotz mancher Vorteile nicht zwingend nötig ist. Vor allem die Tatsache, dass die Ablage der Dateien in die Datenbank diese enorm schnell wachsen und erhebliche Performanceprobleme nach sich ziehen würde, veranlasste uns eine Mischlösung zu favorisieren.

Die Dateien sind auf dem normalen Dateisystem des Webserver abgelegt.

Dadurch können sie durch serverinterne Sicherheitsmechanismen, wie z.B. das NTFS, RAID oder Verschlüsselung geschützt werden. Dies ist die schnellste und primär sicherste Variante. Diese Dateien wurden aber mit zusätzlichen Informationen versehen, die in der Datenbank abgelegt wurden.

Dies ist nötig um Team- und Prozessunterstützende Funktionen innerhalb der Plattform zu ermöglichen. Eine Erweiterung besteht in der Angabe eines Bearbeitungszustandes, das erledigte, aktuelle oder deaktivierte Dokumente kennzeichnet. Dies erlaubt unter anderem das Anzeigen aller Dokumente mit dem entsprechenden Bearbeitungszustand.

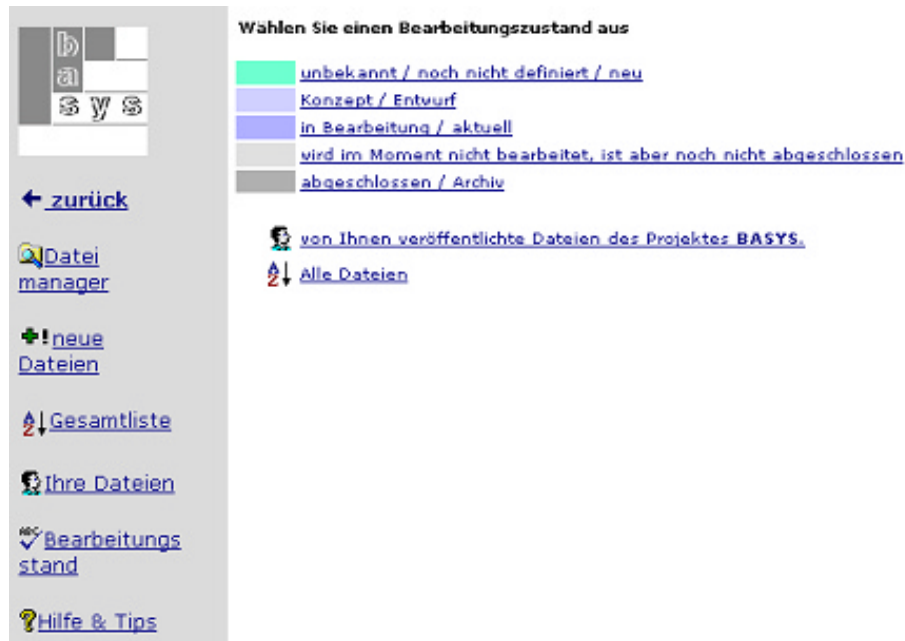


Abb 26. verschiedene Dateifunktionen und Filtermethoden

Weiterhin wurden in die Datenbank Informationen über Datum und Uhrzeit der Veröffentlichung gespeichert, sowie von welchem Projektpartner die Datei stammt.

Jedes Dokument erhielt ein Kommentarfeld, das Informationen zu der Datei speichern konnte. Z.b. einen Hinweis, was mit dem Dokument zu machen ist, oder welche Informationen es enthält.

Die Datenbank erfasste ebenfalls die Zugriffe auf das Dokument automatisch. So konnte sich der Verfasser vergewissern, das die Beteiligten das Dokument gelesen haben.

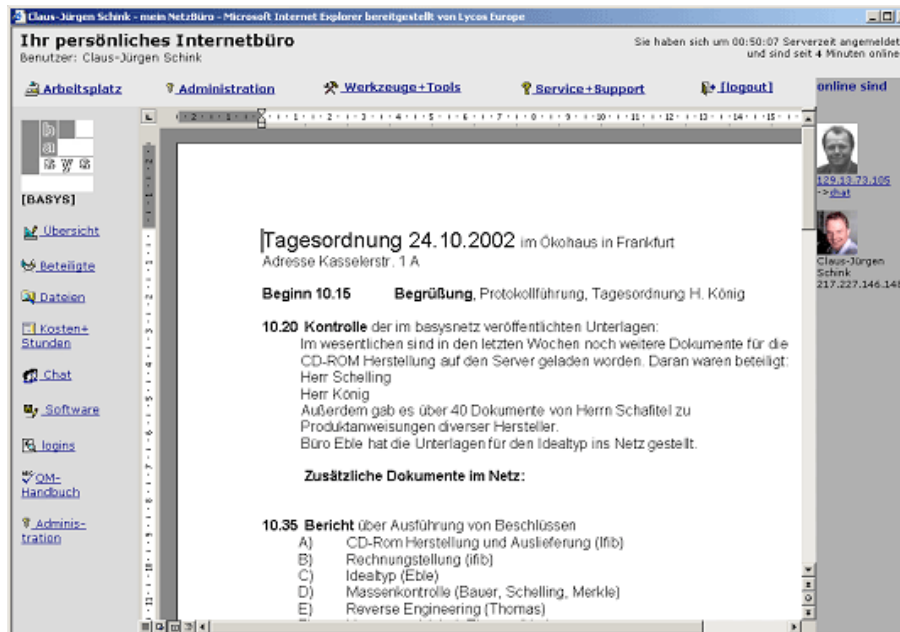


Abb 27. Prüfung und Durchsicht von Dokumenten aus der Plattform heraus zusätzlich Protokollierung des Workflows in Datenbank, Visualisierung für Projektpartner und Leiter (Bildschirmfoto)



Abb 28. Anzeige auch von Grafikdokumenten innerhalb der Plattform (hier: Evaluationsprojekt Bornstetter Feld)

Das Dokument wurde dann von dem Webserver abgerufen und in den lokalen Browsercache gespeichert. Anschließend konnten die Nutzer die Informationen abrufen, aber nicht editieren. Dies ist an und für sich eine sehr schnelle und einfache Lösung und für die nötigen Anforderungen absolut ausreichend.

Das lokale Lesen, ohne direktes Editieren konnte aber in Bezug auf eine gemeinsame Termin- und Projektplanung und der Steuerung der Abläufe keine brauchbare Lösung darstellen.

Die aus unserer Sicht beste Lösung würde in einer zentralen Datenhaltung bestehen, die von allen Projektpartner bedient und aktualisiert werden kann, ohne das entsprechende Werkzeug installiert zu haben.

Als Projektmanagementwerkzeug bot sich für uns MS-Projekt an, da dies nicht nur weit verbreitet, sondern auch das kostengünstigste kommerzielle Produkt ist. Die Software zeichnet sich durch eine ganze Zahl von Programmierschnittstellen aus.

Leider handelt es sich dabei um kein Open-Source Produkt, was wir persönlich favorisiert hätten, aber in Hinblick auf eine nötige Akzeptanz bei den künftigen Nutzern, keine praktikable Lösung dargestellt hätte.

Die Datenhaltung für diese Terminpläne erfolgte nicht wie sonst üblich in einem Dateiformat, sondern in derselben zentralen Datenbank, die auch der Basysnetz-Plattform zugrunde liegt.

### 3. 4. 6. Projektplanung und Steuerung

Zu Projektbeginn strebten wir die Visualisierung der Daten über ein selbstentwickeltes Java-Applet an, das aus dem Browser heraus gestartet werden sollte und in einer zumindest rudimentären Form die Ansicht und Änderungen des Terminplanes ermöglichen.

Zwischenzeitlich ergab sich die Möglichkeit mit Hilfe eines ActiveX-Controls der Fa. Microsoft eine Terminalemulation über das TCP/IP Netzwerkprotokoll zu verwenden, die die Datenerfassung und Manipulation der Bauprojektpläne innerhalb von MS-Projekt ermöglichte und dies noch dazu auf einem beliebigen Rechner, ohne das Programm selbst installiert zu haben.

Diese Technik der Terminalemulation, die in der Unix-Welt schon langen bekannt ist, wurde dann in dem Betriebssystem Windows 2000 Server der Fa. Microsoft unter dem Begriff Terminaldienste als festes Produkt etabliert.

Für uns erübrigte sich dadurch die Notwendigkeit der Programmierung eines eigenen Visualisierungsclients und wir konnten den Schwerpunkt auf die Evaluation der Möglichkeiten und die Entwicklung eines optimierten Projektterminplanes für das virtuelle Unternehmen legen.

Bei allen etwaigen Vorbehalten gegenüber des gewählten Softwareherstellers ermöglichte es uns jedoch eine stabile und unproblematische Lösung für das Projekt zu entwickeln, die alle Beteiligten auf ein hohes Niveau setze.

Durch die Datenhaltung innerhalb der Datenbank und nicht in der sonst üblichen Dateiform war es möglich den Terminplan auch simultan im Mehrbenutzermodus zu editieren.

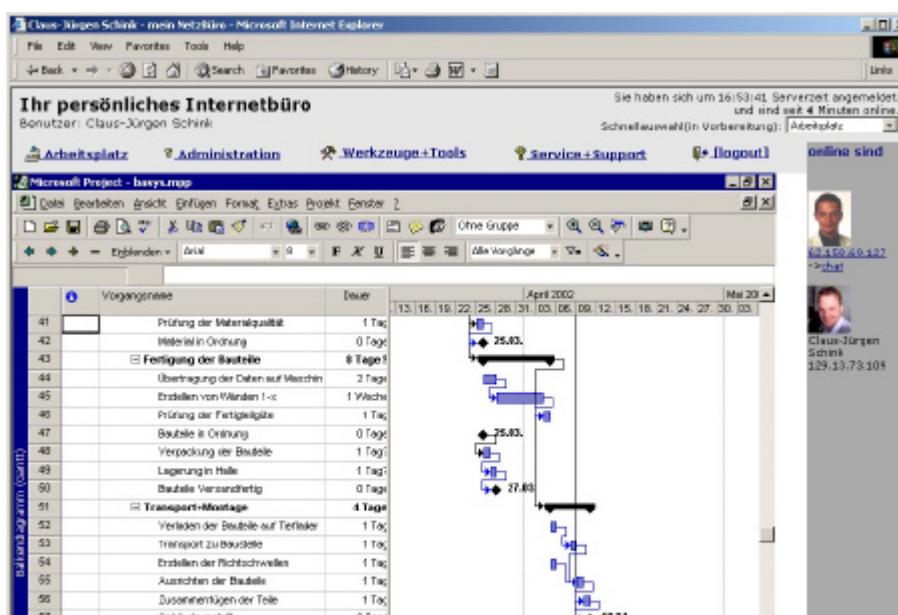


Abb 29. Verifizierung der Projekttermin- und Kapazitätsplanung über die Plattform (hier: MS-Projekt innerhalb eines Internetbrowsers)

Diese Abbildung zeigt die Bearbeitung eines für das Basys-Projekt entwickelten, optimierten Bauterminplan. Die Informationen aus der Fertigung (Projektpartner: Fa. Merkle), die erforderlichen Planungs- und Genehmigungszeiten seitens der Ingenieure und die nötigen Wartezeiten für Materiallieferung oder Holzprüfung.

Die über die Terminaldienste ausgeführten Programme werden als Einzelanwendungen auf einem Server in Karlsruhe ausgeführt und in z.B. lediglich mit einem Browser von den verteilten Partnern bedient. Der häufigen

Meinung, dass für diese Techniken die Geschwindigkeit zwischen Clients- und Servern nicht ausreicht, können wir uns nicht anschließen.

### 3. 4. 7. Kompetenzlandkarte für Software und Kenntnisse

Wir konnten immer wieder beobachten, dass es Reibungsverluste innerhalb der kurzfristig zusammengestellten Projektteams bezüglich der Handhabung von Software, bzw. den damit verbundenen Datenaustausch kommen kann.

Dem wurde in dem Modul: "Software und Kompetenzlandkarte" begegnet.

Die Projektpartner gaben in den Stammdaten einmalig ihre persönliche Hard- und Software Ausstattung an und legten zusätzlich Informationen über ihren Kenntnisstand dafür ab.

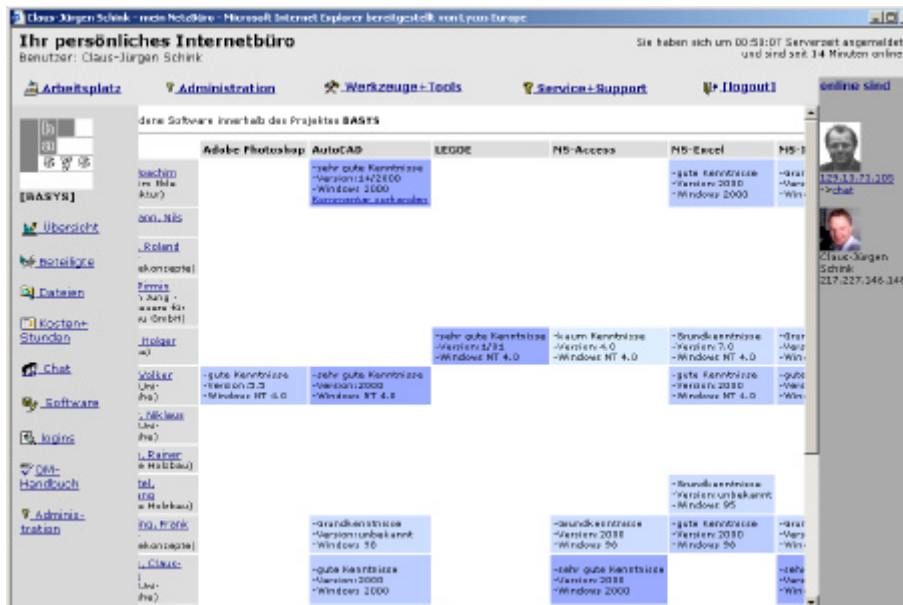
Tritt ein Nutzer dem Projektteam bei, so wird aufgrund seiner persönlichen Stammdaten eine gemeinsame automatische Software- und Kompetenzlandkarte generiert. Diese führt zu einer Transparenz von Wissen innerhalb des virtuellen Unternehmens.

Darin können die anderen Projektpartner feststellen, welche Software im Projekt vorhanden und verwendet wird

An der Farbe und den Zusatzinformationen ist zu erkennen, welche Kenntnisse vorhanden und mit welcher Version gearbeitet wird. Dadurch kann man auf Spezialisten im Projektteam gezielt zurückgreifen und Versionskonflikten begegnen.

In der Lehre haben wir analog zu dem Modul der Basys-Plattform eine Systematik entwickelt, mit der die Studenten Ihre Kompetenzen in eine Datenbank angeben und andere Studenten dann gezielt nach vorhandenen Fähigkeiten suchen können.





| Benutzer | Adobe Photoshop  | AutoCAD  | LEGOE  | MS-Access   | MS-Excel  | MS-IT                     |
|----------|--|--|--|---|---|---------------------------|
| bachm    | -sehr gute Kenntnisse<br>-Version 14/2000<br>-Windows 2000 | -sehr gute Kenntnisse<br>-Version 14/2000<br>-Windows 2000 |  |   | -gute Kenntnisse<br>-Version 2003<br>-Windows 2000    | -gute<br>-Version<br>-Win |
| Roland   |  |  | -sehr gute Kenntnisse<br>-Version 1.3.3<br>-Windows NT 4.0 | -kaum Kenntnisse<br>-Version 4.0<br>-Windows NT 4.0     | -Grundkenntnisse<br>-Version 7.0<br>-Windows NT 4.0   | -gute<br>-Version<br>-Win |
| Kornel   | -gute Kenntnisse<br>-Version 12.0<br>-Windows NT 4.0       | -sehr gute Kenntnisse<br>-Version 12.0<br>-Windows NT 4.0  |  |   | -gute Kenntnisse<br>-Version 2003<br>-Windows NT 4.0  | -gute<br>-Version<br>-Win |
| Ulmer    |  |  |  |   | -Grundkenntnisse<br>-Version unbekannt<br>-Windows 95 | -gute<br>-Version<br>-Win |
| Niklaus  |  |  |  |   |   | -gute<br>-Version<br>-Win |
| Rainer   |  |  |  |   |   | -gute<br>-Version<br>-Win |
| Ul       |  |  |  |   |   | -gute<br>-Version<br>-Win |
| Edo      |  | -Grundkenntnisse<br>-Version unbekannt<br>-Windows 95      |  | -Grundkenntnisse<br>-Version 2003<br>-Windows 95        | -gute Kenntnisse<br>-Version 2003<br>-Windows 95      | -gute<br>-Version<br>-Win |
| Claudio  |  | -gute Kenntnisse<br>-Version 2000<br>-Windows 2000         |  | -sehr gute Kenntnisse<br>-Version 2003<br>-Windows 2000 |   | -gute<br>-Version<br>-Win |

Abb 30. Kompetenzlandkarte für vorhandenes Wissen im virtuellen Unternehmen (hier: vorhandene Software, deren Versionen und Kenntnisse und innerhalb des BasyS-Projektes)

### 3. 4. 8. Wirtschaftlichkeitskontrolle der Projekte

Bei der Arbeit mit der Planungsplattform, bemängelten wir, dass Wirtschaftlichkeitsaspekte im Sinne des eigenen wirtschaftlichen Erfolges des Unternehmens in der Regel kaum betrachtet wurden.

Es ist gängige Praxis, dass vor allem Architektur- und Ingenieurbüros kaum und wenn auch nur rudimentär ihre eigenen Stunden und Kosten erfassen und kontrollieren.

Gerade aber die Verwendung einer einheitlichen und zentralen Datenbank bietet die Möglichkeit bei einer projektbezogenen Arbeitsweise, die erbachten Leistungen mit wenig Aufwand zu dokumentieren. Die Funktion „Kosten und Stunden“ in der Plattform beinhaltet eine personen- und projektbezogene Arbeitszeiterfassung. Der Mitarbeiter gibt mit 3-4 Einzeleinträgen sein Tageswerk in die Datenbank ein. Z.B. "3 Stunden Bauantrag M1:100 gezeichnet" oder "Baustellenterrain mit Gipser Maier, Probleme mit Putzträger Außenwand Süd". Dies ist in wenigen Minuten erfolgt und erfordert kaum zusätzlichen Aufwand im alltäglichen Bürobetrieb.

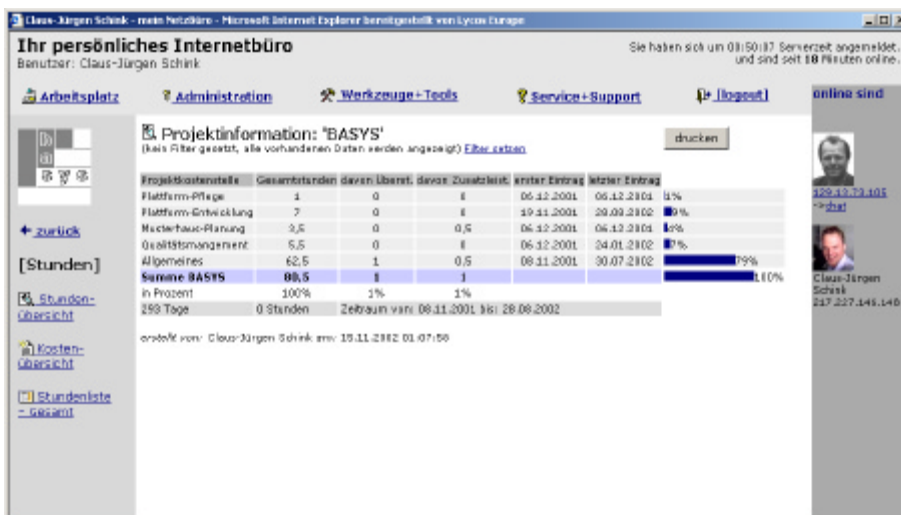
Die Auswertungen haben aber in mehrfacher Hinsicht einen Nutzen. Der Büroinhaber sieht in Form eines monatlichen oder wöchentlichen Arbeitszeitberichtes die Tätigkeiten seiner Mitarbeiter.

Urlaubs- Krank und Fehlzeiten können ebenfalls erfasst werden. Durch das Zuordnen von Stunden zu Projekten wird ohne weitere Arbeit oder Aufwand ein automatisches Projekttagbuch generiert, das in chronologischer Reihenfolge alle erbrachten Leistungen dokumentiert.

Dieses kann vor allem bei der Rechnungslegung oder in nachfolgenden Rechtsstreitigkeiten ein großer Vorteil sein.

Für jedes Projekt können beliebige viele Unterprojekte, bzw. Projektkostenstellen definiert werden, so ist die Unterscheidung zwischen den Projektteilen Planung, Genehmigung, Fertigung und Montage möglich und sinnvoll.

Die Erfassungszeiten können über einen beliebig definierbaren Filter begrenzt werden. (Tage, Wochen, Monate)



The screenshot shows a web browser window with the title 'Ihr persönliches Internetbüro'. The user is identified as 'Claus-Jürgen Schink'. The main content area displays 'Projektinformation: "BASYS"' with a table of project cost data. The table has columns for 'Projektkostenstelle', 'Gesamtstunden', 'davon: Überst.', 'davon: Zusatzleist.', 'Erster Eintrag', 'letzter Eintrag', and a progress bar. The 'Summe BASYS' row shows 88,5 total hours, with 1 hour of overtime and 1 hour of additional work. Below the table, it indicates 'in Prozent: 100%' and '259 Tage'.

| Projektkostenstelle   | Gesamtstunden | davon: Überst. | davon: Zusatzleist. | Erster Eintrag | letzter Eintrag | Progress    |
|-----------------------|---------------|----------------|---------------------|----------------|-----------------|-------------|
| Plattform-Pflege      | 1             | 0              | 0                   | 06.12.2001     | 06.12.2001      | 1%          |
| Plattform-Entwicklung | 7             | 0              | 0                   | 19.11.2001     | 20.09.2002      | 3%          |
| Musterhaus-Planung    | 3,5           | 0              | 0,5                 | 06.12.2001     | 06.12.2001      | 6%          |
| Qualitätsmanagement   | 5,5           | 0              | 0                   | 06.12.2001     | 24.01.2002      | 7%          |
| Allgemeines           | 62,5          | 1              | 0,5                 | 08.11.2001     | 30.07.2002      | 79%         |
| <b>Summe BASYS</b>    | <b>88,5</b>   | <b>1</b>       | <b>1</b>            |                |                 | <b>110%</b> |

in Prozent: 100%  
259 Tage

Abb 31. Wirtschaftlichkeitskontrolle des Projektes, Ansicht nach Stundenaufwand

Wir haben bei der Basysnetz-Plattform die Stundensätze der Mitarbeiter auf 4 Arten unterschieden und diese individuell für jedes Projekt angeben lassen.

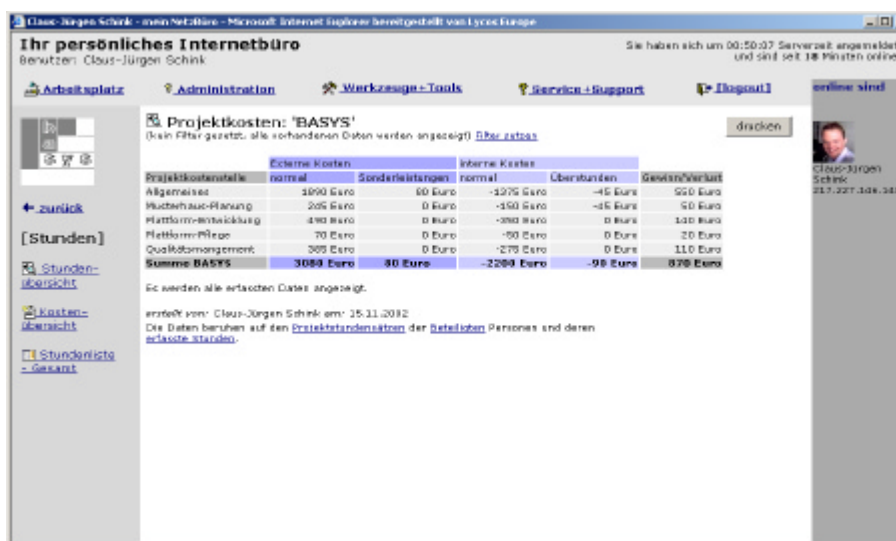
Der Projektadministrator kann für die Mitarbeiter vier verschiedene Stundensätze festlegen. Dies sind der interne Stundensatz (1), damit sind die realen Kosten gemeint, die bei einer Stunde Arbeit anfallen, also auch umgelegte Gemeinkosten wie Miete Strom, KFZ oder Büromaterial. Weiterhin

der interne Überstundensatz (2), für zusätzlich erbrachte Leistungen, die in der Regel teurer sind als reguläre Arbeitszeit.

Der dritte Verrechnungswert sind der externer Stundensatz und der vierte der externe Stundensatz für Sonderleistungen.

Also die angefallenen Kosten, die bei Rechnungslegung dem Auftraggeber gestellt werden, mit der Möglichkeit nicht vereinbarte oder nachträglich gewünschte Leistungen separat anzurechnen.

Das folgende Bildschirmfoto zeigt eine Kostenübersicht, für das Projekt Basys, das innerhalb eines Sekundenbruchteils von der Datenbank und dem Webserver erzeugt wurde. Dabei wurden von allen Projektpartnern die erfassten Stunden gesammelt und mit dem jeweiligen Stundensatz verrechnet. Diese Werte dann nach Projektkostenstellen sortiert und für alle Mitarbeiter und Projektleistungen summiert.

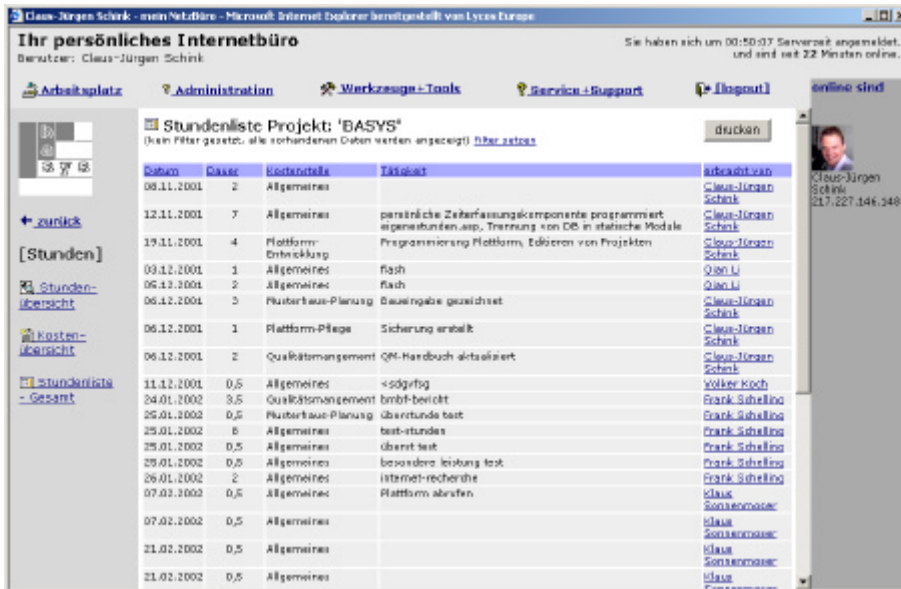


The screenshot shows a web browser window with the title 'Ihr persönliches Internetbüro'. The main content area displays 'Projektkosten: 'BASYS'' with a table of costs. The table has columns for 'Projektkostenstelle', 'interne Kosten', 'Sonderleistungen', 'interne Kosten', 'Überstunden', and 'Gesamtkosten'. The rows list various cost centers like 'Allgemeines', 'Musterbau-Planung', 'Plattform-Entwicklung', 'Plattform-Pflege', and 'Qualitätsmanagement'. A summary row 'Summe BASYS' shows total costs of 3089 Euro, 80 Euro for special services, -2289 Euro for internal costs, 99 Euro for overtime, and a total of 879 Euro. The interface also includes navigation links like 'Arbeitsplatz', 'Administration', 'Werkzeuge - Tools', 'Service - Support', and 'Logout'.

| Projektkostenstelle   | interne Kosten   | Sonderleistungen | interne Kosten    | Überstunden    | Gesamtkosten    |
|-----------------------|------------------|------------------|-------------------|----------------|-----------------|
| Allgemeines           | 1000 Euro        | 80 Euro          | -1275 Euro        | -45 Euro       | 500 Euro        |
| Musterbau-Planung     | 200 Euro         | 0 Euro           | -150 Euro         | -30 Euro       | 50 Euro         |
| Plattform-Entwicklung | 480 Euro         | 0 Euro           | -380 Euro         | 0 Euro         | 100 Euro        |
| Plattform-Pflege      | 70 Euro          | 0 Euro           | -50 Euro          | 0 Euro         | 20 Euro         |
| Qualitätsmanagement   | 309 Euro         | 0 Euro           | -279 Euro         | 0 Euro         | 110 Euro        |
| <b>Summe BASYS</b>    | <b>3089 Euro</b> | <b>80 Euro</b>   | <b>-2289 Euro</b> | <b>99 Euro</b> | <b>879 Euro</b> |

Abb 32. Tagesaktuelle Projektkosten anhand von Arbeitszeitberichten der Projektmitarbeiter

Der Bürohhaber oder Unternehmer kann Fehlentwicklungen sofort erkennen und entgegensteuern. Diese Informationen können auch für eine Nachkalkulation wertvoll sein um die eigenen Arbeitsabläufe zu optimieren: "Wir haben einen Aufwand von 35% in der Bauleitung und erhalten nur 25% vergütet, wir müssen unsere Bürostrategie anpassen."



The screenshot shows a web browser window with the title 'Ihr persönliches Internetbüro'. The main content is a table titled 'Stundenliste Projekt: 'BASYS'' with columns for 'Datum', 'Case', 'Kostendefinition', 'Tätigkeit', and 'Arbeitsvorbereitung'. The table lists various tasks and their durations from 08.11.2001 to 21.02.2002. A sidebar on the left contains navigation links like 'zurück', 'Stundenübersicht', 'Kostenübersicht', and 'Stundenliste - Gesamt'. A user profile for 'Claus-Jürgen Schink' is visible on the right.

| Datum      | Case | Kostendefinition      | Tätigkeit   | Arbeitsvorbereitung |
|------------|------|-----------------------|---|---------------------|
| 08.11.2001 | 2    | Allgemeines           |   | Claus-Jürgen Schink |
| 12.11.2001 | 7    | Allgemeines           | persönliche Zeiterfassungskomponente programmiert     | Claus-Jürgen Schink |
| 19.11.2001 | 4    | Plattform-Entwicklung | apenestunden.asp, Trennung von DB in statische Module | Claus-Jürgen Schink |
| 03.12.2001 | 1    | Allgemeines           | Flash   | Olaf Li             |
| 05.12.2001 | 2    | Allgemeines           | Flash   | Olaf Li             |
| 06.12.2001 | 3    | Musterbau-Planung     | Baugabgabe gezeichnet                                 | Claus-Jürgen Schink |
| 06.12.2001 | 1    | Plattform-Pflege      | Sicherung erstellt                                    | Claus-Jürgen Schink |
| 06.12.2001 | 2    | Qualitätsmanagement   | QM-Handbuch aktualisiert                              | Claus-Jürgen Schink |
| 11.12.2001 | 0,5  | Allgemeines           | <sdg>fsg  | Wolker Koch         |
| 24.01.2002 | 3,5  | Qualitätsmanagement   | Imhof-Bericht   | Frank Schellings    |
| 25.01.2002 | 0,5  | Musterbau-Planung     | Überstunden bast                                      | Frank Schellings    |
| 25.01.2002 | 6    | Allgemeines           | bast-stunden  | Frank Schellings    |
| 25.01.2002 | 0,5  | Allgemeines           | übernat bast  | Frank Schellings    |
| 25.01.2002 | 0,5  | Allgemeines           | besondere leistung text                               | Frank Schellings    |
| 26.01.2002 | 2    | Allgemeines           | istatmet-recherche                                    | Frank Schellings    |
| 07.02.2002 | 0,5  | Allgemeines           | Plattform-abrufen                                     | Klaus Sonnenmoser   |
| 07.02.2002 | 0,5  | Allgemeines           |   | Klaus Sonnenmoser   |
| 21.02.2002 | 0,5  | Allgemeines           |   | Klaus Sonnenmoser   |
| 21.02.2002 | 0,5  | Allgemeines           |   | Klaus Sonnenmoser   |

Abb 33. Projektstagebuch, Gesamtstundenliste anhand der persönlichen Zeiterfassung der einzelnen Projektteilnehmer

Als angenehmes Begleitprodukt sehen Sie hier das Projektstagebuch. Dies kann z.B. auch eine gute Vorlage sein, um sich daran in Nachfolgeprojekten zu orientieren.

Eine derartige Vorgehensweise unter zu Hilfenahme einer netzbasierten Datenbank ist eine gute Möglichkeit auch freie Mitarbeiter und externe Aushilfskräfte auf Stundenbasis in das Projekt zu integrieren ohne einen zu großen verwaltungstechnischen Aufwand zu betreiben.

### 3. 4. 9. Qualitätsmanagement innerhalb der Projektplattform

Vor einiger Zeit war die ISO9000 ff. das Schlagwort in sämtlichen Fachzeitschriften und kaum ein Unternehmen dachte nicht daran sich zu "zertifizieren". Man versprach sich damit in der Regel einen zusätzlichen Vertrauensgewinn auf Seite der Kunden und einen Werbeeffect. Die eigentlichen Ziele die Qualität der Arbeit zu sichern war in der Regel nicht primäres Ziel, der Aufwand für die Implementierung eines QM-Systems von vielen unterschätzt.

Wir haben für das virtuelle Unternehmen Basys ein gemeinschaftliches Qualitätsmanagementhandbuch erstellt, das für die Projektpartner die

Arbeitsweise im Unternehmensverbund definiert. Dieses elektronische Handbuch hat den Vorteil, dass es alle Projektpartner immer erreicht und Aktualisierungen ohne Aufwand verbreitet werden. Die Präsenz in der Arbeitsplattform erleichtert die Arbeitsweise. Neue Mitarbeiter können sich schneller in die Arbeitsabläufe einarbeiten.

Nachfolgend sehen Sie das für das virtuelle Unternehmen "basys" erstellte Qualitätsmanagementhandbuch. Dieses konnte für alle Projektbeteiligte online innerhalb der Plattform gelesen und auch editiert werden "QM-Handbuch".



Abb 34. Internetbasierendes QM-System, hier: QM-Handbuch für das virtuelle Unternehmen Basys. Vorgehensweise für die Projektpartner innerhalb des virtuellen Unternehmensverbundes

Die Kapitel sind zwar frei definierbar, orientieren sich aber an den 20 Qualitätsmanagementaspekten der Norm. Das Handbuch, das eigentlich auch die Außenpräsentation des Unternehmens darstellen könnte, bildet das Gerüst für innerhalb des Unternehmens zu erstellende Arbeits- und Verfahrensanweisungen. Nach diesen Anweisungen ist im Rahmen zukünftiger Projekte zu verfahren.



Abb 35. Kapitel 1.4 QM-Handbuch (Beispiel 1)

Derartige Anweisungen können auch zur Wissensbewahrung dienen, und einem Wissensverlust durch hohe Fluktuation an Mitarbeitern oder längerer Abwesenheit entgegenwirken



Abb 36. Kapitel 4.2 QM-Handbuch (Beispiel 2)

### 3.5. Nutzen

Die Gütegemeinschaft der Brettstapel- und Dübelholzhersteller erarbeitet derzeit einen Detailkatalog, welcher wesentliche Inhalte aus dem Verbundvorhaben enthält und Planern wie Herstellern zur Verfügung gestellt wird.

Wesentliche Elemente des Bausystems Basys werden aktuell in modifizierter Form im Bauvorhaben Wohnhaus Hovestadt, Karlsruhe angewendet. Das Bauvorhaben ist eine Doppelhaushälfte, dessen eine Hälfte auf ausdrücklichen Wunsch des Bauherrn in traditioneller Bauweise hergestellt wird und dessen zweite Hälfte in Brettstapelbauweise erstellt wird (voraussichtliche Fertigstellung: Ende März 2003). Durch die unmittelbare örtliche und zeitliche Nähe bestehen hier ideale Bedingungen für einen Vergleich. Eine Veröffentlichung der Ergebnisse ist geplant.

Die Offenheit des Systems Basys hat sich hier bereits bei einem erforderlichen, partiellen Systemwechsel von der Tafel- auf eine Skelettbauweise bewährt.

Die Ergebnisse von Basys wurden außerdem bereits im Bereich der Lehre mehrfach verwertet. Bei den Studenten wurde eine hohe Akzeptanz des Systems beobachtet.

#### Nutzen Kommunikationsmodell und Plattform

(von Claus-Jürgen Schink)

Die vollständige Integration des Projektablaufes für die Entwicklung und Realisierung von Brettstapelholzgebäuden, aber auch die Möglichkeit der Nutzung der Basys-Plattform für andere Projekte bietet eine ganze Reihe von Chancen und positiven Effekten.

Der Kern ist die bessere Organisation der Daten und die Bewahrung dieser Informationen in beliebig konfigurierbaren multidisziplinären Projektteams.

Für den Unternehmer können sich entscheidende strategische Effekte durch die Auslagerung der nötigen IT-Infrastruktur ergeben. Der tägliche Arbeitsablauf wird durch externe Spezialisten, die die zwar manchmal banalen Probleme im Umgang mit EDV sofort lösen können, aber den fachlich anderweitig orientierten Nutzer überfordert, erheblich flüssiger.

Erst durch eine konsequente Onlinezusammenarbeit mit einem zentralen Datenspeicher sind die positiven Effekte der Integralen Planung zu realisieren.

Die Implementierung eines QM-Systems stellt keine so große Herausforderung mehr dar.

Die Qualität der Arbeit steigt stetig. Das Kommunikationsmodell und die Plattform ermöglicht das teamorientierte Arbeiten über große Distanzen ohne nennenswerte Reibungsverluste.

Externe Mitarbeiter und Partner können problemlos integriert werden. Das mobile, ubiquitäre Büro kann von jedem beliebigen Ort genutzt werden.

Im Planungsbüro, in der Fertigungshalle und auch auf der Baustelle sind zeitgleich alle Informationen verfügbar.

### 3.6. Fortschritt

Der offensichtlichste, im Rahmen des Verbundvorhabens erzielte Fortschritt liegt im Bereich der förderpolitischen Richtlinien.

Das Verbundvorhaben Basys hat eine intensive Diffusion von Wissen über aktuelle Informations- und Kommunikationstechniken in die beteiligten, kleinen und mittelständischen, handwerklich orientierten Unternehmen bewirkt. Die Anwendung der www-Plattform des ifib ist dabei maßgeblicher Auslöser; herrschte bei einigen Partnern vor dem Projekt noch „tiefstes Faxzeitalter“, wurden die Chancen des Internet dort erkannt und konsequent für die eigene Arbeit ausgenutzt.

Ebenso weitreichende Folgen hat die Auseinandersetzung mit Schnittstellen: die hohe, mit dem Mechanisierungsgrad gekoppelte Abhängigkeit der Handwerker von den Hard- und Softwareherstellern ihrer Werkzeuge konnte entschärft werden, indem die Verhandlungsposition der Unternehmen gegenüber Softwarehäusern durch den Wissenstransfer entscheidend verbessert wurde.

#### Fortschritt Kommunikationsmodell

(von Claus-Jürgen Schink)



In dem Anwendungsprojekt Basys, haben wir durch die starke Orientierung an realen Bauprojekten unsere Theorien bezüglich des Nutzens der Onlinearbeit festigen können.

Durch unkonventionelle, aber effektive Mechanismen, wie die "who's online"-Funktion haben wir das Internetbüro zu einem lebendigen Ort gemacht, der den Projektzusammenhalt gefördert hat.

Die genaue Dokumentation der Anmeldungen auf der Plattform, mit der gleichzeitigen Visualisierung für die anderen Partner hat zu einer ständigen Nutzung des Systems geführt. Mit kleineren Schwankungen, wie z.B. in den Bauferien, oder über Feiertage war das virtuelle Unternehmen nachweisbar ständig aktiv.

Ein Nachlassen der Aktivitäten konnte nicht beobachtet werden.

Es bestand die Möglichkeit, die Partner über das Bearbeiten von Dokumenten gezielt und automatisiert aufzufordern. Dies war aber eigentlich nicht nötig. Durch das automatische Anzeigen von neuen Dokumenten und die gleichzeitige unkomplizierte Kontrolle, wer darauf zugegriffen hat, kam ein flüssiger Arbeitsablauf zustande.

Neben den Fortschritten der Bautechnologie, der CAD-CAM Kopplung oder der Integration der Brettstapelholztechnologie ist die gemeinsame Nutzung der Projektplanungssoftware über das Internet besonders zu erwähnen.

Es ist innerhalb des Basys-Projektes gelungen, einen straff organisierten und effiziente Bauprozess zu realisieren, der die Arbeitstakte und das Ineinander greifen der Einzelgewerke enorm vereinfacht hatte. Alleine durch die Tatsache, dass alle jederzeit den aktuellen Projektfortschritt und die anstehenden Arbeitsschritte informiert waren, führte dazu Stillstand zu vermeiden.

Die geforderte flache Hierarchie konnte konsequent umgesetzt werden. Nachträglich zu dem Projekt hinzugezogene Mitarbeiter wurden ad hoc auf ein hohes Informationsniveau gesetzt.

Die Strategie der naiven Interfaces, wie sie in den ersten Prototypen realisiert wurde, war in diesem Kontext nicht angebracht, durch die Orientierung an vertrauten Oberflächen konnte eine intuitive Nutzung erreicht werden.

### 3.7. Veröffentlichungen

Eine Veröffentlichung der Teilergebnisse des Verbundvorhaben erfolgte bereits in mehrfacher Form.

#### Seminare und Vorträge

Im Sommersemester 2001 wurde an der Universität Karlsruhe ein Seminar zum Thema Brettstapelbauweise angeboten. Aufgrund des hohen Praxisbezuges war die Nachfrage bei den Studenten drei mal höher als Seminarplätze angeboten werden konnten. Die Studenten wurden auf einer Exkursion nach Österreich mit anderen Brettstapelsystemen konfrontiert, haben sich intensiv mit den Problemen der Detailplanung beschäftigt und abschließend ein Modell im Maßstab 1:10 aus Holz gebaut.

Jeweils im Sommer 2001 und 2002 fanden zwei Workshops statt zum Thema bauteilintegrierte Installationsführung. Die Veranstaltung fand im Hause des derzeitigen Marktführers bei gekapselten, bauteilintegrierten Installationssystemen für den Holzbau, der Firma Gunzenhauser in Sissach, Schweiz statt. An dem Workshop beteiligten sich Peter Thomas, Berlin, Fa. S&H Solar-Energiekonzepte GmbH, Nehren sowie das ifib.

Im Sommer 2002 wurden die Zwischenergebnisse des Forschungsprojektes dem Verband der Dübelholz- und Brettstapelhersteller vorgestellt und diskutiert.

Im Juli 2001 wurde dem lokalen Fernsehsender Baden-TV, im September 2002 dem Radio Regenbogen ein Interview gegeben. Die Ausstrahlung der Interviews führte zu mehreren Anfragen beim ifib.

#### Messen

Auf den folgenden Messen wurden Zwischenergebnisse des Verbundvorhabens Basys präsentiert:

- Bau München, 2000
- Baumesse Leipzig, 2001
- BuildIT, Berlin, 2002

#### geplante Veröffentlichungen

Die im Rahmen des Forschungsprojektes Basys gewonnenen Erkenntnisse zur bauteilintegrierten Installation sollen in Kooperation mit dem hierbei maßgeblich beteiligten Partner, dem Sanitärfachmann und Dipl. Ing. Peter Thomas, Berlin, in unterschiedlichen Medien veröffentlicht werden: neben industrieorientierten Medien wird auch eine Veröffentlichung in planerorientierten Medien angestrebt.

## internet - Plattformen

(von Claus-Jürgen Schink)

Alle innerhalb des Basys-Projektes erzeugten Dokumente, sowie die Internetplattform bleiben nach Projektende erhalten. Wir haben dazu eine allgemeingültige URL registriert. Die basysnetz-Plattform ist langfristig unter <http://www.archproject.de> zu erreichen. Dort ist ein Gast-Zugang eingerichtet, mit dem man das Büro evaluieren kann. Wir möchten an dieser Stelle dazu ermutigen, davon Gebrauch zu machen.

Öffentliche Internetpräsenz [www.basysnetz.de](http://www.basysnetz.de)

Die Forschungspartner haben hier die Ziele in einer gemeinsamen, öffentlichen Internetpräsenz hinterlegt.

<http://www.netzentwurf.de>

Die Erkenntnisse der Forschung und die Erfahrungen der Lehre fließen in dem Projekt [netzentwurf.de](http://www.netzentwurf.de) zusammen. In diesem bilden wir Architekturstudenten aus, die sich auf die zukünftige, kooperative Arbeit über das Internet vorbereiten sollen.

Es haben sich zwischenzeitlich 8 weitere Hochschulen aus Deutschland, Frankreich und der Schweiz angeschlossen und wir konnten bereits über tausend Nutzer zählen.

Einige Module aus [netzentwurf.de](http://www.netzentwurf.de) sind in dem Forschungsprojekt Basys und umgekehrt verwendet worden.

## 4. Erfolgskontrollbericht

### 4.1. Beitrag zu den förderpolitischen Zielen

(von Holger König)

Das Förderprogramm des BMBF „Bauen und Wohnen im 21. Jahrhundert“ sieht Forschungsbedarf auf folgenden vier Ebenen:

- Soziales: Befunde und Ziele
- Ökologie: Ressourcenschonung als Herausforderung
- Ökonomie: Kosten senken, Märkte sichern
- Kulturelle Dimensionen: Planung und lokale Identität

Im Bereich „Ökologie“ sollen Strategien zur Verringerung des Flächen- und Stoffverbrauchs erarbeitet werden. Dieser Aspekt soll – unter anderem - in fünf Förderschwerpunkten bearbeitet werden. Der Förderschwerpunkt „Bauforschung- und Bautechnik“ verfolgt das Ziel, die Bauwirtschaft dabei zu unterstützen, ihre Existenz durch Forschung und Innovation im kostengünstigen Wohnungsbau sowie in Instandsetzung und Modernisierung zu sichern sowie zukunftssichere, qualifizierte Arbeitsplätze zu schaffen.

Das Verbundprojekt „BASYS“ wurde gefördert, da

- Informations- und Kommunikationssysteme zur Integration von Planung- und Ausführung mit der gemeinsamen Internetplattform und dem virtuellen Büro entwickelt und eingesetzt wurden;
- Vorfertigung als zukunftssträchtiger Innovationspfad bei der Bauwerkserstellung mit der Brettstapeltechnologie weiterentwickelt wurde;
- teilautomatisierte Bauverfahren und –techniken mit der CAD-CNC-Kette angewendet wurden und durch die Integration der Haustechnikinstallation in das Herstellungsverfahren die Baustellenzeit weiter verkürzt werden kann;

- durch den Einsatz der elementbasierten Programme Validierungen der Planung unter dem Aspekt Ökonomie und Ökologie projektbegleitend möglich sind.

(von Michael Zwölfer)

Das Teilvorhaben hat sich vor allem mit den Aspekten Kommunikations- und Bauwerksmodellierung auseinandergesetzt und die fertigungsgerechte Modellierung der von den Partnern erarbeiteten Lösungen in der Brettstapelbauweise für eine direkte CAD-CAM-Kopplung geleistet.

Ein wichtiger Beitrag zu den förderpolitischen Zielen liegt in der intensiven Diffusion von Wissen über aktuelle Informations- und Kommunikationstechniken in die beteiligten, kleinen und mittelständischen, handwerklich orientierten Unternehmen durch konsequente Anwendung der www-Plattform des ifib. Herrschte bei diesen Firmen vor dem Projekt noch „tiefstes Faxzeitalter“, ist die Verwendung des Internet dort jetzt Usus.

Ebenso weitreichende Folgen hat die Auseinandersetzung mit Schnittstellen: Die hohe, mit dem Mechanisierungsgrad gekoppelte Abhängigkeit der Handwerker von den Hard- und Softwareherstellern ihrer Werkzeuge konnte entschärft werden, indem die Verhandlungsposition der Unternehmen gegenüber Softwarehäusern durch den Wissenstransfer entscheidend verbessert wurde.

(von Claus-Jürgen Schink)

Die Plattform und das Kommunikationsmodell ergänzen die Infrastruktur innovativer kleinerer und mittelständischer Betriebe.

Die Technologie führt zu einer Beschleunigung und besseren Kontrolle des Gesamtprojektes.

Der Zusammenhalt innerhalb der verteilten Partner wird wesentlich gesteigert, die Plattform ist ein zentraler Anker.

Redundanzen werden reduziert, da die Erkenntnisse und Dokumente von vorangegangenen Projekten ständig zu Verfügung stehen.

Basys führt zu einer Steigerung der Wirtschaftlichkeit und Überlebensfähigkeit kleiner Unternehmen, es ist möglich mit wenig Aufwand eine Projektkostenkontrolle zu implementieren. Die Anbindung von externen

Mitarbeitern, auch auf Stundenbasis stellt wesentlich weniger Verwaltungsaufwand dar.

Senkung von IT-Kosten in kleineren Unternehmen.

Die wichtigen Projektdaten liegen in der professionell betreuten Datenbank der Plattform.

Ein kleines Unternehmen braucht für Datensicherung, Softwarepflege, Sicherheit vor Hackern, Brand, Systempflege keinen speziellen IT-Beauftragten mehr. Dies steigert die Effizienz und Überlebensfähigkeit erheblich.

Das System kann von beliebigen mittelständischen Unternehmen übernommen werden und zwar ohne bedeutende Investitionen tätigen zu müssen.

Die Nutzung des Systems kann den wirtschaftlichen Mehraufwand und somit Nachteil der Unikatfertigung gegenüber der Massenproduktion verringern und somit ein Stück weit Überlebensfähiger machen.

#### 4.2. Wissenschaftlich technische Ergebnis

Neben dem Bausystem hat das Verbundvorhaben wesentliche und grundsätzliche Erkenntnisse hinsichtlich der Kooperation und dem erforderlichen Datenaustausch im Bauwesen zu Tage gefördert, welche bestehende Modellierungsansätze relativieren und ergänzen; die Unterstützung von Aneignungsprozessen bei der Übernahme von Daten innerhalb komplexer Strukturen wurde als bedeutende Anforderung identifiziert.

Praktisch konnte anhand der prototypischen Fertigung von Modellbauteilen auf einem Wandbearbeitungszentrum die Durchgängigkeit eine CAD-CAM-Kette mit Integration der Haustechnik demonstriert werden.

Dabei wurden Qualitäten der Fertigungstechnik entdeckt, die neue Aufgaben für Architekten und Handwerker erschließen.

Für den Holzbau und die herstellende Industrie sind die entwickelten Lösungen zur Befestigung durch Fräsen besonders innovativ und weitere Rationalisierungspotenziale wurden festgestellt.

(von Claus-Jürgen Schink)

Die unternehmensübergreifende Unikatentwicklung im Rahmen eines virtuellen Unternehmens ist auch für Brettstapelholzgebäude erfolgreich.

Die Planungs- und Kooperationsplattform führt zu einer intensiven Vernetzung unterschiedlichster Planungsaspekte.

Die Arbeit mit dieser Technologie bewies die Notwendigkeit von flachen Hierarchien in einem virtuellen Projektteam.

Die Instanz Projektplattform sorgt für Klarheit und es gehen keine Informationen verloren.

Auch IT unerfahrene Unternehmen können davon profitieren.

Das System gewährleistet einen stetigen Informationsfluss.

Es ist die Funktion eines IT- Trainers für die Unternehmen erforderlich. Dieser löst individuelle Probleme im Büroalltag der Nutzer. Z.B.: "Wie erstelle ich eine pdf- Datei".

Die Hotlines der Softwarehersteller sind zu produktspezifisch und kennen die Anforderungen der Unternehmen nicht.

IT- Schulungen sind zu unflexibel und obendrein nicht nur durch die hohen Kosten, sondern auch den Arbeitszeitverlust zu kostspielig.

Obendrein wird das angeeignete Wissen zu schnell wieder vergessen, da es nicht zeitnah angewendet wird.

Es geht im Wesentlichen um das Lösen kleinerer Probleme, die oft Stundenlang den Arbeitsablauf blockieren.

#### 4.3. Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende

Aufgrund mehrfacher Anfragen nach dem Bausystem von Bauherrenseite wie von Herstellerseite wird mit guten Erfolgsaussichten gerechnet. Auch die Messebesuche zeigen, dass Basys im Holzbaubereich mit der Integration der Haustechnik durch einen integralen Planungsprozess seiner Zeit einen Schritt Voraus ist. Für eine konsequente Ausnutzung der Potenziale sind allerdings weitere Optimierungen im Bereich der Mensch-Maschine-Schnittstellen notwendig.

(von Claus-Jürgen Schnik)

Die innerhalb des Projektes realisierte und evaluierte Projektplattform eignet sich nach unserer Meinung für die weitere Verwendung in dem gewünschten Kontext sehr gut.

Naturgemäß sind noch einige Erweiterungen, die für einen kommerziellen Betrieb benötigt werden, erforderlich.

Der personelle Aufwand dafür ist mit etwa 3 Personen für ein dreiviertel Jahr anzusetzen. Für den mittelfristigen Betrieb würden 1-2 Personen pro 40-50

Wir sind der Ansicht, dass der Betrieb aus einer Hochschule heraus nicht möglich ist. Hierzu würde sich der klassische Fall eines Spin-Off's anbieten, der aber unserer Seite aus personellen Gründen nicht ansteht.

Dies ist für ein neu zu gründendes Unternehmen finanziell nicht machbar, da es z. Zt. keine Unternehmen in dieser Branche gibt, die schwarze Zahlen schreiben.

Langfristig ist z.B. die Kooperation mit einer berufsständigen Vereinigung, z.B. den Architekten und Ingenieurkammern denkbar, was eine produktneutrale Ausrichtung der Plattform gewährleisten könnte.

Dies würde zum einen die Nutzungskosten erheblich senken, was die Plattform gerade für kleinere Unternehmen attraktiv machen würde und zum anderen den Anforderungen der Nutzer richtig begegnen.

Wir werden jedoch die Resultate und die entwickelten Module jedoch weiterhin nutzen. So kommt in einem Forschungsprojekt der DBU die Plattform aktuell zum Einsatz.

Weiterhin wird sie innerhalb der Hochschule und von den Forschungspartnern eingesetzt.

#### 4.4. Präsentationsmöglichkeiten

Als Präsentationsmöglichkeit speziell für Messen wurde eine CD erstellt, auf welcher die Inhalte des Verbundvorhabens sehr plakativ dargestellt sind.



#### 4.5. Einhaltung Zeit und Finanzplan

Trotz verspätetem Projektstart konnte der Zeitrahmen ohne Verlängerung eingehalten werden.

Es waren insgesamt zwei Umwidmungen von Mitteln erforderlich; bei den Titeln 0836 „Dienstreisen“ und 0850 „Gegenstände und andere Investitionen von mehr als 800 DM im Einzelfall“ war das vorgesehene Budget nicht ausreichend.

Trotz dieser Verschiebungen im Ausgabegefüge, wurde der Kostenrahmen eingehalten.

#### 4.6. Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Gütegemeinschaft der Brettstapel- und Dübelholzhersteller erarbeitet derzeit einen Detailkatalog, welcher wesentliche Inhalte aus dem Verbundvorhaben enthält und Planern wie Herstellern zur Verfügung gestellt wird.

Wesentliche Elemente des Bausystems Basys werden aktuell in modifizierter Form im Bauvorhaben Wohnhaus Hovestadt, Karlsruhe angewendet. Das Bauvorhaben ist eine Doppelhaushälfte, dessen eine Hälfte auf ausdrücklichen Wunsch des Bauherrn in traditioneller Bauweise hergestellt wird und dessen zweite Hälfte in Brettstapelbauweise erstellt wird (voraussichtliche Fertigstellung: Ende März 2003). Durch die unmittelbare örtliche und zeitliche Nähe bestehen hier ideale Bedingungen für einen Vergleich. Eine Veröffentlichung der Ergebnisse ist geplant.

Die Offenheit des Systems Basys hat sich hier bereits bei einem erforderlichen, partiellen Systemwechsel von der Tafel- auf eine Skelettbauweise bewährt.

Die Ergebnisse von Basys wurden außerdem bereits im Bereich der Lehre mehrfach verwertet. Bei den Studenten wurde eine hohe Akzeptanz des Systems beobachtet.



#### 4.7. S c h u t z r e c h t e

Weder sind entgegengesetzte Schutzrechte oder Patente bekannt geworden, noch eigene projektrelevante angemeldet worden.

#### 4.8. A r b e i t e n o h n e L ö s u n g e n

Teilweise bestanden über den Rahmen des Vorhabens hinaus gehende, ehrgeizige Ziele, die aufgrund des engen Zeitrahmens aufgegeben werden mussten. Es handelte sich hier um die zur Projektlaufzeit anwendbare Integration zu einem Produktmodell. Diese Ziele werden am ifib derzeit frei vom Anspruch auf direkte Anwendung weiterentwickelt.

Der Zielrahmen musste lediglich in einem für Projekte dieser Größenordnung üblichen Umfang korrigiert werden. Innerhalb des gesteckten Rahmen wurden die Probleme sämtlich zufriedenstellend gelöst.

## 5. Verzeichnis der Abbildungen

- Abb.1 Das Bausystem Midi als Beispiel für bauteiladaptierte Installationen (Quelle: Fritz Haller, Solothurn) 36
- Abb.2 konfliktfreie Organisation der Installation im Bausystem Midi (Quelle: Fritz Haller, Solothurn) 37
- Abb.3 in Basys realisiertes Musterbauteil als Beispiel für eine bauteilintegrierte Installation; Der Verteiler befindet sich in einer Aussparung oberhalb des Waschbeckens, die durch den Spiegel verdeckt wird; im Bild mittig. (Quelle: ifib) 39
- Abb.4 Einfache Nachrüstung :Versorgung von WC und Waschmaschine mit Betriebswasser bei einem bauteilintegrierten Einzapfstellensystem mit Sternverteilung (Quelle: ifib). 41
- Abb.5 Beispiel für die Modernisierung einer wandintegrierten Sanitärinstallation; die Armatur links stellt eine konventionelle Einhebelmischbatterie mit Warm- und Kaltwasseranschluss dar. Rechts eine digitale Armatur, welche nur noch über eine Leitung versorgt wird. Im Leerrohr der frei gewordenen Leitung läuft eine Datenleitung, die ein elektrisches Ventil am Verteiler steuert. Der Verteiler liefert fertig temperiertes Wasser an die Zapfstelle. Design-Studie Peter Thomas, Berlin (Quelle: ifib) 43
- Abb.6 Abgrenzung des Bausystems Basys mit individuell für einen Einbauort gefertigten, parametrisierten Bauteilen gegenüber einem modularen Systemen mit Bauteilen für universelle Einbauorte (Quelle: ifib). 46
- Abb.7 in Basys erarbeiteter Lösungsvorschlag zum Austausch semantischer Informationen zwischen dem CAD -und dem CAM-System mittels verschachtelter Blockstrukturen. Das empfangende System erkennt am Suffix, ob ein Block ein zu addierendes oder ein zu subtrahierendes Volumen enthält; Die Beschreibung der Volumina erfolgt als „Nemetschek-Körper“. (Quelle: ifib) 54
- Abb.8 Konflikt bei der Schnittstelle zu DiCAM: 3D-Körper mit Verlust der semantischen Wandinformation oder Wandfunktionalität mit Einschränkung auf 2,5D (extrudierte Rechtecke) (Quelle: ifib). 54
- Abb.9 Bei der integralen Planung maßgebliche Planungssoftware. Grün dargestellt die für die geschlossene CAD-CAM-Kette in Basys erforderliche Parallelstruktur (Quelle: ifib). 56
- Abb.10 Im Auftrag des Holzbauunternehmens vom Statiker entwickelte Details für das BV Bornstedter Feld (Quelle: ifib) 56
- Abb.11 Entwurf eines Musterhauses für das Bausystem Basys (Quelle: ifib) 57
- Abb.12 Das Musterhaus vor und nach der Konvertierung: oben eine Ansammlung loser 3D-Flächen, unten die umgewandelten und editierbaren ACIS-Volumenkörper 58
- Abb.13 CNC-gerechte Bauteilmodellierung in AutoCAD (Quelle: ifib) 59
- Abb.14 Bauteilbearbeitung mit einer numerisch gesteuerten Multifunktionsbrücke der Fa.Weinmann und Partner, Homag-Gruppe (Quelle: ifib) 60
- Abb.15 Modellierung von Testfräsungen aus AutoCAD heraus; das Bauteil ist transparent; die Bearbeitungen erfolgen an der Oberfläche; die Schatten verdeutlichen den Abstand zur Bauteilunterseite (Quelle: ifib) 62
- Abb.16 Qualität von Fräsungen auf der Bearbeitungs- und auf der Rückseite ; jeweils ohne Nachbearbeitung. (Quelle: ifib) 64

- Abb.17 Bei der in Basys eingesetzten Dose (Foto rechts) handelt es sich um eine modifizierte Dose des Herstellers Gunzenhauser, bei der Befestigungsglaschen am Dosenkörper entfernt wurden. Außerdem wurde ein gedichteter und einschraubbarer „Dosenhals“ verwendet, um die Kapselung des Systems bis an die Oberfläche des Brettstapelkerns fortzuführen. Das Dosenvolumen wird in 5 Schritten millimetergenau als Passfräsung gefräst (Quelle: ifib). 66
- Abb.18 Für die beidseitige Ausbildung von Zapfstellen müssen Dosen in der Brettstapelbauweise anderen Symmetrieanforderungen genügen. (Quelle: ifib) 67
- Abb.19 AutoCAD als „Projektionsleinwand“ zur Darstellung des digitalen Gebäudemodells von Speedikon; Über Speedikon-Filter wird der darzustellende Inhalt gesteuert (Quelle: ifib). 68
- Abb.20 Gesamtzugriffe innerhalb des Projektes (Bildschirmfoto aus Plattform) 74
- Abb.21 Arbeitsplatz/Gesamtübersicht Plattform 75
- Abb.22 Gemeinsamer Projektterminkalender kombiniert mit persönlichen Terminen (Bildschirmfoto) 76
- Abb.23 Projektraum Basys: Termine, abrufbare Module und neue Dokumente (Bildschirmfoto) 77
- Abb.24 Beteiligtenliste mit Kontaktverzeichnis (Bildschirmfoto) 78
- Abb.25 Dokumentenmanagement innerhalb des Internetbrowsers (Bildschirmfoto) 79
- Abb.26 verschiedene Dateifunktionen und Filtermethoden 80
- Abb.27 Prüfung und Durchsicht von Dokumenten aus der Plattform heraus zusätzlich Protokollierung des Workflows in Datenbank, Visualisierung für Projektpartner und Leiter (Bildschirmfoto) 81
- Abb.28 Anzeige auch von Grafikdokumenten innerhalb der Plattform (hier: Evaluationsprojekt Bornstetter Feld ) 81
- Abb.29 Verifizierung der Projekttermin- und Kapazitätsplanung über die Plattform (hier: MS-Projekt innerhalb eines Internetbrowsers) 83
- Abb.30 Kompetenzlandkarte für vorhandenes Wissen im virtuellen Unternehmen (hier: vorhandene Software, deren Versionen und Kenntnisse und innerhalb des Basys-Projektes) 85
- Abb.31 Wirtschaftlichkeitskontrolle des Projektes, Ansicht nach Stundenaufwand 86
- Abb.32 Tagesaktuelle Projektkosten anhand von Arbeitszeitberichten der Projektmitarbeiter 87
- Abb.33 Projektstagebuch, Gesamtstundenliste anhand der persönlichen Zeiterfassung der einzelnen Projektteilnehmer 88
- Abb.34 Internetbasierendes QM-System, hier: QM-Handbuch für das virtuelle Unternehmen Basys. Vorgehensweise für die Projektpartner innerhalb des virtuellen Unternehmenverbundes 89
- Abb.35 Kapitel 1.4 QM-Handbuch (Beispiel 1) 90
- Abb.36 Kapitel 4.2 QM-Handbuch (Beispiel 2) 90

## A n h a n g

Im anschließenden Anhang befindet sich der kommentierte C++- Code des Programmes zur Konversion von IEZ-Daten in ACIS-Volumenkörper sowie ein kleiner Auszug aus dem Basic-Programm zur Erzeugung des Kalenders der Internet-Plattform.

```

1 //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
2 // ifibCommands.cpp
3 //
4 // (c) 2000 ifib, Karlsruhe
5 //
6 // miz= michael.zwoelfer@ifib.uni-karlsruhe.de
7 //
8 // -----
9 // Implementierung der Befehle zur Konvertierung von Speedikon-3D-körpern in
10 // unterschiedliche Ausgabeformate und -strukturen für einen
11 // Datenaustausch mit:
12 //
13 // - CAM-Software (DiCam, Fa. Dietrichs), (von Fa. Dietrichs nicht implementiert)
14 // - CAD-Software Statiker (CadWork)
15 // - CAD-Software Fachplaner (AutoCAD + Applikationen)
16 //
17
18 //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
19 // ifib_IEZ2BLK:
20 //
21 // sammelt in einer Zeichnung alle 3DFACES mit IEZ-Kennung, die zu einem bestimmten
22 // Speedikon-Bauteil gehören und baut daraus einen verschachtelten Block:
23 // jede Schicht eines Bauteils wird als Block abgebildet,
24 // alle Schichten werden zu einem Bauteil-Block zusammengefasst.
25
26
27 //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
28 // ifib_IEZ2SAT
29 //
30 // Umwandlung von speedikon-Körpern in ACIS Volumenkörper für eine Weiterbearbeitung
31 // mit den CAD-Programmen CADwork und AutoCAD.
32 //
33
34 //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
35 // ifib_Bearbeiten
36 //
37 // ermöglicht das wegräumen aller objekte auf dem bildschirm außer den gewählten.
38 // Hierdurch kann v.a in 3D-Situationen eine bessere übersichtlichkeit erreicht
39 // werden.
40 // Bei wiederholtem aufruf, werden die weggeräumten objekte wieder sichtbar gemacht.
41 //
42
43
44
45 #include "StdAfx.h"
46 #include "StdArx.h"
47 #include <string.h>
48 #include <math.h>
49
50 #include "dbents.h" //3DFACE
51 #include "dbpl.h" //POLYLINE
52 #include "dbregion.h" //REGION
53 #include "dbsol3d.h" //3DSOLID
54 // #include "gepnt3d.h"
55 #include "getol.h" //AcGeTol
56 #include "gevptar.h" //AcGeVoidPtrArray
57 #include "acdbabb.h" //kDxF-Konstanten
58
59
60
61
62 //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
63 // Prototypen
64
65 extern
66 AcGePoint2d
67 transW2O (AcGePoint3d arxPP,
68 double &zz,
69 AcGeVector3d arxVV);
70
71
72 extern
73 Acad::ErrorStatus
74 appToDwg (AcDbEntity *pEnt,
75 AcDbObjectId &objId,
76 const char *pcBN,
77 AcDbDatabase *pDB );
78
79 extern
80 const char*
81 getBlkNamOf (AcDbObjectId iOB);
82
83 extern
84 int
85 getPnt (char *str,
86 char *igt,
87 char *kwd,
88 int ret,
89 AcGePoint3d *pin,
90 AcGePoint3d &pou);
91
92 extern
93 int
94 isCcw (AcGePoint2dArray &ppA,
95 bool &ans);
96
97
98 extern
99 AcDbObjectId
100 OBIdOf (struct resbuf *pRB);
101
102
103 extern
104 AcDbObjectId
105 OBIdOf (ads_name adsOB);
106
107 extern
108 AcDbEntity*
109 openAdsO (ads_name adsOB,
110 AcDbObjectId &oId,
111 AcDb::OpenMode openMode);
112
113 extern
114 void

```

```

114 printGraf                (AcGePoint3d    p0,
115                          AcGePoint3d    p1,
116                          int            cc);
117
118 extern
119 Acad::ErrorStatus
120 selByXD                    (char          *AppName,
121                             int           nn,
122                             double        fromDate,
123                             double        toDate,
124                             ads_name     &ssx);
125 extern
126 Acad::ErrorStatus
127 selByXD                    (char          *appNam,
128                             int           nn,
129                             Adesk::Int32 fromDate,
130                             Adesk::Int32 toDate,
131                             ads_name     &sss,
132                             ads_name     &ssx);
133
134 extern
135 Acad::ErrorStatus
136 selByXD                    (char          *AppName,
137                             int           nn,
138                             char         *pattern,
139                             ads_name     &ssx);
140
141 extern
142 Acad::ErrorStatus
143 selByXD                    (char          *AppName,
144                             int           nn,
145                             Adesk::Int32 fromDate,
146                             Adesk::Int32 toDate,
147                             ads_name     &ssx);
148
149
150 extern
151 int
152 selSubBl                   (ads_name     sss,          // ein mit entsel erzeugter Auswahlatz eines verschachtelten blocks
153                             char        *prm,
154                             int         &nn,          // Vorgabe einer Verschachtelungsebene [1..x] und Rückgabe der
155                                                         // gewählten Ebene (wenn Auswahl erfolgt)
156                             struct resbuf *pLst,      // grRead-Liste
157                             struct resbuf *pRes,      // RückgabeWert
158                             AcDbObjectId &selId);     // ID des gewählten Blocks od. NULL
159
160 extern
161 int
162 getXdItem                  (ads_name     ent,          // Rückgabe eines LONG-xData-Wertes
163                             const char* appNam,
164                             Adesk::Int32 nn,
165                             AcDbObjectId &oId,
166                             Adesk::Int32 &item);
167
168
169 extern
170 int
171 tessellate                 (AcGeCircArc2d arc,
172                             double        ss,
173                             int          xx,
174                             AcGePoint2dArray &ppA);
175
176
177
178
179 ////////////////////////////////////////////////////////////////////
180 // globale Variablen
181
182 char APPN[] = "IEZ_DATA"; // schlüssel für die xData der speedikon-3D-faces
183 double _TOLV = 0.0001;   // Toleranzen für vektor- und punktberechnungen
184 AcGeTol _TOL;
185
186
187 ////////////////////////////////////////////////////////////////////
188 // utility
189 //
190 // zeichnet einen vektor von fromP nach toP in der farbe color
191 //
192 void
193 mizDraw                    (AcGePoint3d fromP,
194                             AcGePoint3d toP,
195                             int         color)
196 {
197     ads_point p0, p1;
198     p0[X]= fromP[X]; p0[Y]= fromP[Y]; p0[Z]= fromP[Z];
199     p1[X]= toP[X]; p1[Y]= toP[Y]; p1[Z]= toP[Z];
200     acedGrDraw (p0 ,p1 ,color,0);
201 }
202
203 ////////////////////////////////////////////////////////////////////
204 // utility
205 //
206 // setzt die farbeigenschaft eines layers iLA auf cc
207 //
208 Acad::ErrorStatus
209 setLayerProp               (AcDbObjectId iLA,
210                             AcCmColor   cc)
211 {
212     Acad::ErrorStatus ee;
213     AcDbLayerTableRecord *pLTR= NULL;
214
215     ee= acdbOpenObject(pLTR, iLA, AcDb::kForWrite); // als layerFarbe setzen...
216     if (ee!=Acad::eOk) return ee;
217     pLTR->setColor(cc);
218     pLTR->close(); pLTR= NULL;
219     return Acad::eOk;
220 }
221
222
223
224 ////////////////////////////////////////////////////////////////////
225 // miztess:
226 //

```

```

227 // (miztess "eti" "11")      "tessellate curved polyline"
228 //
229 // Tesseliert die Bögen der Polylinie "eti" auf stichhöhe "ss". "ss" in Zeichnungseinheiten!
230 // Ändert den Drehsinn geschlossener Polylinien auf Gegenuhrzeigersinn.
231 //
232 int
233 miztess          ( )
234 {
235     Acad::ErrorStatus ee;
236     int             ii, nn;
237     double          bb, ss;
238     bool            isc= false;
239     AcDbObjectId    iOB;
240     AcDbPolyline    *pPL= NULL;
241     AcGePoint2d     pp;
242     AcGePoint2dArray ppA;
243     AcGeCircArc2d   arc;
244     AcGePoint3d     pp3D;
245     struct resbuf    *pRB= acedGetArgs(), *pRBi;
246
247     acedRetNil();
248     if (!pRB) {return AcRx::kRetError;} // no args passed
249     if (pRB->restype != RTENAME) {return RTERROR;} // 1. Argument kein Element
250     iOB= OBIDof(pRB);
251     pRBi= pRB->rbnext;
252     if ((pRBi->restype != RTREAL)&&
253         (pRBi->restype != RTSHORT)) {return RTERROR;} // 2. Argument weder Real noch integer
254     if (pRBi->restype == RTREAL) ss= pRBi->resval.rreal;
255     else ss=(double) pRBi->resval.rint;
256
257     ee= acdbOpenObject(pPL, iOB, AcDb::kForRead); // iOB öffnen und zeiger auf Objekt in pPL
258     if (ee!=Acad::eOk){
259         if (pPL) pPL->close(); return RTNORM;} // keine Polyline
260
261     // Alle Bögen der Polylinie in Facetten auflösen...
262
263     for (ii= 0; ii<pPL->numVerts(); ii++){
264         pPL->getPointAt(ii, pp);
265         ppA.append(pp); }
266
267     nn=0;
268     for (ii= 0; ii<pPL->numVerts(); ii++){
269         pPL->getBulgeAt(ii, bb);
270         if (bb != 0.0){
271             if (ii==pPL->numVerts()-1 && !pPL->isClosed()) break;
272             pPL->getArcSegAt(ii, arc);
273             nn= nn + tessellate(arc, ss, ii+nn, ppA) -1;
274         }
275     }
276
277     isCcw(ppA, isc);
278     if (pPL->isClosed() && isc) ppA.reverse(); // Arrays immer clockwise ordnen
279     ee= pPL->upgradeOpen();
280     for (ii= 0; ii<ppA.length(); ii++){
281         if (ii<pPL->numVerts()){
282             pPL->setPointAt(ii, ppA[ii]);
283             pPL->setBulgeAt(ii, 0); }
284         else {
285             pPL->addVertexAt(ii, ppA[ii]); }
286
287     // acutPrintf("\n%d", ppA.length());
288     // if (ii< ppA.length()){printGraf(transO2W(ppA[ii], pPL->elevation(), pPL->normal()), transO2W(ppA[ii+1], pPL->elevation()),
289     // getAns(".");
290     }
291     pPL->setClosed (false);
292     pPL->setClosed (true); // eine Art Bereinigung (undokumentiert)...
293     pPL->minimizeMemory();
294     pPL->close();
295
296     return RTNORM;
297 }
298
299
300 ////////////////////////////////////////////////////////////////////
301 // faceToPline
302 //
303 // Baut aus der zum Lesen geöffneten 3DFACE "pFA" eine virtuelle Polylinie "pVP".
304 // "pVP" ist nur gültig, wenn Rückgabe Acad::eOk
305 // "pVP" muß deleted und "pFA" geclosed werden;
306 //
307 Acad::ErrorStatus
308 faceToPline          (AcDbFace      *pFA,
309                      /*out*/
310                      AcDbPolyline *pVP,
311                      AcGeVector3d &vv)
312 {
313     Acad::ErrorStatus ee;
314     AcGePoint3dArray ppA;
315     AcGePoint2d     pp2d;
316     AcGePoint3d     pp3d;
317     resbuf          *pXdel= acutBuildList(1001, APPN, 0); // leere Vorlage zum Löschen der IEZ-eed
318     int             ii;
319     double          zz;
320
321     ppA.setLogicalLength(0);
322     for (ii=0; ii<4; ii++){pFA->getVertexAt(ii, pp3d);
323         if (!ppA.contains(pp3d)){ppA.append(pp3d); } // nur neue 3D-Punkte anhängen...
324
325     if (ppA.length()< 3){ // 3DFläche mit mind 3 Punkten...
326         return Acad::eInvalidInput; }
327
328     vv= ppA.at(1)-ppA.at(0);
329     vv= vv.crossProduct(AcGeVector3d(ppA.at(2)-ppA.at(0))); // die Flächennormale in Richtung Körperinneres
330     pVP->setNormal(vv);
331     pVP->copyFrom(pFA); // ...mit Eigenschaften der aktuellen 3DFläche
332     pVP->setXData(pXdel); // ...IEZ-eeds löschen
333     pVP->setLayer("0"); // ...Layer nullen
334
335     for (ii=0; ii<ppA.length(); ii++){
336         pp3d= ppA.at(ii);
337         pp2d= transW2O(pp3d, zz, vv);
338         ee= pVP->addVertexAt(0, pp2d); }
339

```



```

340 pVP->setElevation(zz);
341 pVP->setClosed(true);
342 return ee;
343 }
344
345
346
347 ////////////////////////////////////
348 // buildRegion
349 //
350 // baut aus allen 3DFaces im Auswahl Satz "ssx" zwei Regionen, in der Ebene der
351 // Vorder- bzw. Rückseite der Schicht bzw. des Bauteils liegen.
352 // Im Fall schräger Anschnitte haben die Regionen u.u. nicht übereinanderliegende
353 // Kanten.
354 //
355 // Rückgabewerte:
356 // pVR1:     eine virtuelle Region für die Vorderseite der Schicht
357 // pVR2:     eine virtuelle Region für die Rückseite der Schicht
358 // iLA:     die ID des Layers, auf dem die 3DFACES lagen
359 //
360 Acad::ErrorStatus
361 buildRegion
362         (ads_name          &ssx, // Auswahl Satz
363          Adesk::Int32      &nn, // Länge des Auswahl Satzes ssx
364          bool              delF, // true=> Originale löschen
365          AcDbVoidPtrArray &aRgn, // Array mit den erzeugten Regionen
366          AcDbObjectId      &iLA, // id Layer
367          AcCmColor         &cc, // FarbCode
368          double            &zz, // Abstand zwischen pl1 und pl2
369          AcGeVector3dArray &ccA, // Normalen der Clippingplanes
370          AcGePoint3dArray &ppA // Punkte in Clippingplanes
371 )
372 {
373     Acad::ErrorStatus ee;
374     bool find= false;
375     Adesk::Int32 ii= 0, jj= 0, i1= 0, i2= 0, kk= 0;
376     double aa, aa1= 0, aa2= 0;
377     ads_name adsOB;
378     AcGePlane pl, pli, plj;
379     AcDbObjectId iOB;
380     AcDbVoidPtrArray rra;
381     AcGeVector3dArray vva;
382     AcDbFace *pFA= NULL;
383     AcDbPolyline *pVP= NULL;
384     AcDbRegion *pVR= NULL;
385     AcDbRegion *pVR1; // virtuelle Region 1
386     AcDbRegion *pVR2; // virtuelle Region 2
387     AcDbRegion *pVRi= NULL, *pVRj= NULL;
388     AcDbVoidPtrArray aCrv;
389     AcGePoint3d pp;
390     AcGeVector3d vv, vvi, vvj;
391     struct resbuf *pXd= NULL,
392     *pXdel= acutBuildList(1001, APPN, 0); // leere Vorlage zum Löschen der IEZ-eed
393
394     if (nn==0) {return Acad::eOutOfRange;} // leerer Auswahl Satz
395     try {
396         ////////////////////////////////////
397         // 1.) 3DFACES in Polylinien und Regionen umwandeln...
398         for (ii= 0; (ii<nn); ii++){
399             acedSSName(ssx, ii, adsOB);
400             pFA= NULL;
401             ee= acdbOpenObject(pFA, OBIdOf(adsOB), AcDb::kForRead);
402             if (ee==Acad::eOk) { // Element konnte als 3DFace geöffnet werden...
403                 iLA= pFA->layerId(); // die AutoCAD-LayerId speichern für die Einfügung des SchichtBlocks.
404                 cc= pFA->color(); // ...Objektfarbe sichern; wird später als Layerfarbe verwendet
405                 pVP= new AcDbPolyline(4);
406                 if (faceToPline(pFA, pVP, vvi)==Acad::eOk){
407                     aCrv.append(static_cast<void*>(pVP));
408                 }
409             }
410             else {
411                 delete (pVP);
412                 acutPrintf("\n:: Konversion 3DFACE->CURVE misslungen!");
413             }
414
415             if (delF){ // original ggf. löschen
416                 pFA->upgradeOpen();
417                 pFA->erase();
418                 pFA->close(); pFA= NULL; }
419             else {pFA->close(); pFA= NULL;} }
420         }
421         if (aCrv.length() == 0){throw Acad::eAmbiguousInput;};
422
423         ////////////////////////////////////
424         // 2.) Regionen aus Polylinien erzeugen...
425         ee= AcDbRegion::createFromCurves(aCrv, aRgn);
426         if (ee!=Acad::eOk) throw ee;
427         if (aRgn.length()== 0) throw Acad::eOutOfRange;
428         acutPrintf(" REGION: %d",aRgn.length());
429
430         for (ii= 0; ii<aRgn.length(); ii++){
431             pVRi= static_cast<AcDbRegion*>(aRgn.at(ii));
432             if (!pVRi->isNull()){
433                 ee= pVRi->getPlane(pli);
434                 vvi= pli.normal();
435                 vva.append(vvi);
436                 for (jj= ii+1; jj<aRgn.length(); jj++){
437                     pVRj= static_cast<AcDbRegion*>(aRgn.at(jj));
438                     if (!pVRj->isNull()){
439                         ee= pVRj->getPlane(plj);
440                         if (plj.isCoplanarTo(pli, _TOL)){
441                             ee= pVRi->booleanOper(AcDb::kBoolUnite, pVRj);
442                             if (ee !=Acad::eOk){acutPrintf("\n:: Fehler%d bei ii=%d, jj=%d", ee, ii, jj);}
443                         }
444                     }
445                 }
446             }
447         }
448     }
449 }
450 }
451
452

```

```

453
454 ////////////////////////////////////////////////////////////////////
455 // 3.) Hauptebenen nach Fläche ermitteln:
456 //
457
458 for (ii= 0; ii<aRgn.length(); ii++){
459     pVRi= static_cast<AcDbRegion*>(aRgn.at(ii));
460     pVRi->getArea(aa);
461     if (aa > aal){i1= ii; aal= aa;}
462 }
463
464 for (ii= 0; ii<aRgn.length(); ii++){
465     if (ii != i1){
466         pVRi= static_cast<AcDbRegion*>(aRgn.at(ii));
467         pVRi->getArea(aa);
468         if (aa > aa2){i2= ii; aa2= aa;} }
469 }
470
471
472
473
474 ////////////////////////////////////////////////////////////////////
475 // 4.) Hauptebenen definieren...
476 //
477
478 pVR1= static_cast<AcDbRegion*>(aRgn.at(i1));
479 pVR2= static_cast<AcDbRegion*>(aRgn.at(i2));
480 pVR1->getPlane(pli); vv= pli.normal();
481 pVR1->getArea(aa1); pVR2->getArea(aa2);
482 // acutPrintf("\n::i1= %d a1= %3.3f i2= %d a2= %3.3f", i1, aa1, i2, aa2);
483
484
485 ////////////////////////////////////////////////////////////////////
486 // 5.) Clipping-planes ermitteln...
487 //
488 for (ii= 0; ii<aRgn.length(); ii++){
489     pVRi= static_cast<AcDbRegion*>(aRgn.at(ii));
490     if (!pVRi->isNull()){
491         pVRi->getPlane(pli); vvi= pli.normal();
492         if (vvi.isPerpendicularTo(vv, _TOL) ||
493             vvi.isCodirectionalTo(vv, _TOL) ||
494             vvi.isCodirectionalTo(-1 * vv, _TOL)
495         ){}
496         else{
497             ccA.append(vvi);
498             ppA.append(pli.pointOnPlane());
499         }
500     }
501 }
502 // if (ccA.length(>0){acutPrintf("\n::Clipping-Planes: %d", ccA.length());}
503
504
505 ////////////////////////////////////////////////////////////////////
506 // 6.) aufräumen...
507 //
508
509 if (pVR1) pVR1->setColorIndex(256); // ...Objektfarbe als "vonLayer" definieren
510 if (pVR2) pVR2->setColorIndex(256);
511 if (pVR1) pVR1->setLayer(iLA);
512 if (pVR2) pVR2->setLayer(iLA);
513 if (pVR1 && pVR2) {
514     pVR1->getPlane(pli); pVR2->getPlane(plj);
515     zz= pli.signedDistanceTo(plj.pointOnPlane());
516 // acutPrintf ("\n::zz= %3.5f", zz);
517 }
518 // Regionen ausser pVR1 und pVR2 löschen
519
520 for (ii= 0; (aRgn.length(>2) && (ii<aRgn.length()); ){
521     pVRi= static_cast<AcDbRegion*>(aRgn[ii]);
522     if ((pVRi == pVR1) || (pVRi == pVR2)){
523         ii++;
524         pVRi->getArea(aa);
525         // acutPrintf("\n::%d. Fläche : %3.5f", ii, aa);
526     }
527     else {aRgn.removeAt(ii);}
528 }
529
530
531 // Polylinien löschen
532
533 for (ii= 0; ii<aCrv.length(); ii++){
534     pVP= (AcDbPolyline*)aCrv.at(ii);
535     pVP->close(); // nicht unbedingt erf.
536     delete pVP;
537 }
538
539 ee= Acad::eOk;
540 }
541
542 catch (Acad::ErrorStatus cc){
543     for (ii= 0; ii<aCrv.length(); ii++){ // Polylinien löschen
544         pVP= static_cast<AcDbPolyline*>(aCrv[ii]);
545         delete pVP;
546     }
547 }
548 return (cc);
549 }
550 }
551 return (ee);
552 }
553 }
554
555
556
557 ////////////////////////////////////////////////////////////////////
558 // create3dSolid
559 //
560 // benutzt buildRegion, um zwei Regionen für Vorder- und Rückseite des Bauteils aus den
561 // 3DFACES im Auswahlset "sss" zu erzeugen. Baut aus den Regionen einen 3DSOLID durch
562 // extrusion und kappt ggf. die Leibungsflächen bei schrägen Anschnitten.
563 //
564 // Rückgabewerte:
565 // pVSO: ein virtueller 3DSOLID

```

```

566 // iLA:      die ID des Layers, auf dem die erste 3DFACE lag
567 //
568 Acad::ErrorStatus
569 create3dSolid      (ads_name      &ssx, // Auswahlstz
570                   Adesk::Int32  &nn, // Länge des Auswahlstzes ssx
571                   bool          delF) // true=> Originale löschen
572 {
573   Acad::ErrorStatus ee;
574   AcDbObjectId      iOB, iLA;
575   AcDbRegion        *pVR1, *pVR2;
576   AcDb3dSolid       *pVSO= NULL;
577   AcDb3dSolid       *pVSOi;
578   AcCmColor         cc; // FarbCode
579   AcGeVoidPointerArray aRgn;
580   AcGeVector3dArray  ccA;
581   AcGePoint3dArray  ppA;
582   AcGePlane         pli, plj;
583   AcGePoint3d       pp;
584   AcGeVector3d       vv;
585   ads_point         vvADS;
586   double            zz;
587   double            x1= 0, x2= 0, x3= 0;
588   int               ii;
589
590   if (buildRegion(ssx, nn, delF, aRgn, iLA, cc, zz, ccA, ppA)==Acad::eOk){
591
592     //acutPrintf("\nAnzahl: %d Dicke zz: %3.2f", aRgn.length(),zz);
593     if (aRgn.length() >0) {pVR1=static_cast<AcDbRegion*>(aRgn[0]);}
594     else {pVR1= NULL;}
595     if (aRgn.length() >1) {pVR2=static_cast<AcDbRegion*>(aRgn[1]);}
596     else {pVR2= NULL;}
597
598     //if (pVR1){ee= appToDwg((AcDbEntity*)pVR1, iOB, ACDB_MODEL_SPACE, NULL);}
599     //if (pVR2){ee= appToDwg((AcDbEntity*)pVR2, iOB, ACDB_MODEL_SPACE, NULL);}
600     //ee= pBTR1->appendAcDbEntity(pSO); // neuen 3DSOLID dem SchichtBlock anhängen
601     // if (ee!=Acad::eOk) throw ee;
602
603     if (pVR2) {pVR2->getArea(x2); pVR2->getPlane(plj); vv= plj.normal();}
604     if (pVR1) {pVR1->getArea(x1); pVR1->getPlane(pli); vv= pli.normal();}
605     //x3= fabs(x1 - x2); acutPrintf("\n %3.6f - %3.6f = %3.6f", x1, x2, x3);
606
607     acdbRegApp("BASYS");
608     vvADS[0]= vv[0]; vvADS[1]= vv[1]; vvADS[2]= vv[2];
609
610     struct resbuf *pXVec;
611     pXVec= acutBuildList(kDxfRegAppName, "BASYS", kDxfXdWorldXDir, vvADS, kDxfXdReal, zz, 0);
612
613
614     if (pVR1 && (ccA.length()==0)){
615       pVSO= new AcDb3dSolid();
616       ee= pVSO->extrude(pVR1, zz, 0.0);
617       if (ee!=Acad::eOk) {
618         acutPrintf("\n::konnte bauteil nicht erstellen!");
619         delete(pVSO); }
620       ee= pVSO->setXData(pXVec);
621     }
622     else if (pVR1 && (x1 > x2)){ // #äh nicht 100%ig!!!
623       pVSO= new AcDb3dSolid();
624       ee= pVSO->extrude(pVR1, zz, 0.0);
625       if (ee!=Acad::eOk) {
626         acutPrintf("\n::konnte bauteil nicht erstellen!");
627         delete(pVSO); }
628       else {
629         for (ii= 0; ii<ccA.length(); ii++){
630           vv= ccA.at(ii).negate();
631           pp= ppA.at(ii);
632           pli.set(pp, vv);
633           ee= pVSO->getSlice(pli, false, pVSOi);
634           pVSOi->close();
635           //acutPrintf ("\n::1. ee= %d", ee);
636           //mizDraw(pp, pp+vv, 1);
637         }
638       }
639       ee= pVSO->setXData(pXVec);
640     }
641     else if (pVR2 && (x2 > x1)){
642       pVSO= new AcDb3dSolid();
643       ee= pVSO->extrude(pVR2, zz, 0.0);
644       if (ee!=Acad::eOk) {
645         acutPrintf("\n::konnte bauteil nicht erstellen!");
646         delete(pVSO); }
647       else {
648         for (ii= 0; ii<ccA.length(); ii++){
649           vv= ccA.at(ii).negate();
650           pp= ppA.at(ii);
651           pli.set(pp, vv);
652           ee= pVSO->getSlice(pli, false, pVSOi);
653           pVSOi->close();
654           // acutPrintf ("\n::2. ee= %d", ee);
655           //mizDraw(pp, pp+vv, 4);
656         }
657       }
658       ee= pVSO->setXData(pXVec);
659     }
660     acutRelRb(pXVec);
661
662     if (pVSO) {
663       ee= appToDwg((AcDbEntity*)pVSO, iOB, ACDB_MODEL_SPACE, NULL);
664       pVSO->setLayer(iLA);
665       pVSO->close();
666       setLayerProp(iLA, cc);
667     }
668     pVSO= NULL;
669     if (pVR1){pVR1->close();}
670     pVR1= NULL;
671     if (pVR2){pVR2->close();}
672     pVR2= NULL;
673   }
674   return ee;
675 }
676
677
678 //////////////////////////////////////////////////

```

```

679 // Erzeugt einen verschachtelten Block.
680 // Der erzeugte Block wird am aktuellen Ursprung im aktuellen UCS eingefügt.
681 //
682 //
683 Acad::ErrorStatus
684 createNestedBlock          (ads_name      &ssx,
685                             Adesk::Int32  nn,
686                             const char    *pfx,
687                             int           elemTyp)
688 {
689     Acad::ErrorStatus    ee;
690     Adesk::Int32        ii, jj;
691     AcCmColor           cc;
692     ads_name            adsOB, ssy={0L, 0L};
693     Adesk::Int32        layIdi, layIdo= 0;
694     int                 layNo=1;
695     char                layNam[128], walNam[128];
696     char                buf[20];
697     resbuf              *pXd= NULL,
698                         *pXdel= acutBuildList(1001, APPN, 0); // leere Vorlage zum Löschen der IEZ-eed
699     AcDbFace            *pFA=NULL, *pFAi= NULL;
700     AcDbObject3d        iOB, iLA;
701     AcDb3dSolid         *pSO= NULL;
702     AcDbBlockTable      *pBT= NULL;
703     AcDbBlockTableRecord *pBTRl= NULL, *pBTRw= NULL;
704     AcDbBlockReference  *pLref= NULL, *pWref= NULL; // Schicht-, WandBlockEinfügung
705
706     try {
707
708         if (elemTyp<2){
709             // 1. BlockName für Wand generieren...
710             strcpy(walNam, pfx);
711
712             // gibt es die Wand schon ?...
713             ee= acdbHostApplicationServices()->workingDatabase()->getBlockTable(pBT, AcDb::kForRead);
714             if (ee != Acad::eOk) {throw(ee);}
715             if (pBT->has(walNam) == Adesk::kTrue){throw(Acad::eDuplicateKey);}
716
717             pBTRw= new AcDbBlockTableRecord(); if (!pBTRw){throw(Acad::eOutOfMemory);}
718             pBTRw->setName(walNam);
719             pBTRw->setOrigin(AcGePoint3d::kOrigin);
720             ee= pBT->upgradeOpen(); if (ee != Acad::eOk) {throw(ee);}
721             ee= pBT->add(pBTRw);
722             pBT->close(); pBT= NULL;
723
724             // 2. Schichten der Wand erzeugen...
725             // Der aktuelle Auswahlset 'ssx' enthält alle 3D-faces zu einem bestimmten Bauteil in
726             // beliebiger Reihenfolge (wsch. sind die Elemente von IEZ jedoch sogar aufsteigend nach schichtID geordnet).
727             //
728             // 2.a. Zunächst ein array aller SchichtIds erzeugen:
729         }
730
731         AcGeIntArray lArr; // DHP kann jedoch "nur" max. 15 Schichten einlesen
732         acedSSLength(ssx, &nn);
733         for (ii= 0; ii<nn; ii++){
734             acedSSName(ssx, ii, adsOB);
735             getXItem(adsOB, APPN, 1, iOB, layIdi); // ...IEZ-SchichtId ermitteln
736             if (!lArr.contains(layIdi)){lArr.append(layIdi);}
737         }
738
739         // 2.b. Dann zu jeder SchichtId die zugehörigen 3D-Flächen ermitteln
740         layNo= 1;
741         for (ii= 0; ii<lArr.length(); ii++, layNo++){
742             acedSSAdd(NULL, NULL, ssy); // SelectionSet ssy initialisieren
743             layIdi= lArr.at(ii); // aktuelle layerId...
744             selByXD(APPN, 1, layIdi, layIdi, ssx, ssy); // ...alle 3D-Faces mit dieser LayerId von ssx nach ssy schaufeln...
745
746             if (elemTyp<2){
747                 // 2.c. Jetzt wird ein SchichtBlock erzeugt; Schichtnamen mit Wandnamen als Präfix generieren...
748                 strcpy(layNam, walNam);
749                 strcat(layNam, "_S");
750                 itoa(layNo, buf, 10);
751                 strcat(layNam, buf);
752
753                 // 2.d. Überprüfen, ob SchichtBlock bereits vorhanden...
754                 ee= acdbHostApplicationServices()->workingDatabase()->getBlockTable(pBT, AcDb::kForRead);
755                 if (pBT->has(layNam) == Adesk::kTrue){throw(Acad::eDuplicateKey);}
756
757                 // 2.e. Schicht ist neu; also neuen BlockTableRecord erzeugen...
758                 acutPrintf ("\nNemetschek-Objekt '%s' ", layNam);
759                 pBTRl= new AcDbBlockTableRecord(); if (!pBTRl){throw(Acad::eOutOfMemory);}
760                 pBTRl->setName(layNam);
761                 pBTRl->setOrigin(AcGePoint3d::kOrigin);
762                 ee= pBT->upgradeOpen(); if (ee != Acad::eOk) {throw(ee);}
763                 ee= pBT->add(pBTRl); if (ee != Acad::eOk) {throw(ee);}
764                 pBT->close(); pBT= NULL;
765             }
766
767             // 2.f. alle 3D-Faces aus ssy in diesen Block kopieren; Originale löschen
768             acedSSLength(ssy, &nn);
769             switch (elemTyp){
770                 case 0: // Elemente als 3DFACES beibehalten
771                     for (jj= 0; jj<nn; jj++){
772                         acedSSName(ssy, jj, adsOB);
773                         ee= acdbOpenObject(pFA, OBIdOf(adsOB), AcDb::kForRead);
774                         iLA= pFA->layerId(); // die AutoCAD-LayerId speichern für die Einfügung des SchichtBlocks.
775
776                         pFAi= new AcDbFace(); // neue 3D-Fläche erzeugen...
777                         pFAi->copyFrom(pFA); // ...mit Eigenschaften der aktuellen 3DFläche
778                         pFAi->setXData(pXdel); // ...IEZ-eeds löschen
779                         pFAi->setLayer("0"); // ...Layer nullen
780                         cc= pFAi->color(); // ...Objektfarbe sichern; wird später als Layerfarbe verwendet
781                         pFAi->setColorIndex(0); // ...Objektfarbe als "vonBlock" definieren
782
783                         ee= pBTRl->appendAcDbEntity(pFAi); // neue 3D-Fläche dem SchichtBlock anhängen
784                         if (ee!= Acad::eOk) {throw(ee);}
785                         pFAi->close(); pFAi= NULL;
786                         pFA->upgradeOpen();
787                         pFA->erase();
788                         pFA->close(); pFA= NULL;
789                     }
790                     acutPrintf ("aus %d Teilflächen... ", jj);
791                     break;

```

```

792     case 2: // Elemente in 3DSOLIDS umwandeln
793         break;
794     }
795     acedSSFree(ssy); // ssy freigeben...
796
797
798     // 3. Layer-Eigenschaften gemäß der Objekteigenschaften setzen:
799     //
800     setLayerProp(iLA, cc);
801
802     // 4. BlockReferenz der Schicht...
803     if (elemTyp<2){
804         pLref= new AcDbBlockReference(AcGePoint3d(0,0,0), pBTRL->objectId()); //...mit Einfügepunkt am Ursprung...
805         pLref->setLayer(iLA); //...auf dem Layer iLA...
806         pLref->setColorIndex(256); //...mit Farbe "vonLayer" erzeugen und...
807         ee= pBTRw->appendAcDbEntity(pLref); //...dem WandBlock hinzufügen
808         pLref->close(); pLref= NULL;
809         pBTRL->close(); pBTRL= NULL;
810         acutPrintf("ok"); }
811     }
812
813     if (elemTyp<2){
814         acutPrintf ("\n          Block '%s' ", walNam);
815         // 5. Blockreferenz der Wand...
816         pWref= new AcDbBlockReference(AcGePoint3d(0,0,0), pBTRw->objectId()); //...am Ursprung...
817         ee= appToDwg((AcDbEntity*)pWref, iOB, ACDB_MODEL_SPACE, NULL); //...in der aktuellen Zeichnung...
818         // pWref->setLayer(iLA); //...auf dem Layer
819         pWref->setColorIndex(256); //...mit Farbe "vonLayer"
820         pWref->close(); pWref= NULL;
821         pBTRw->close(); pBTRw= NULL;
822         acutPrintf (" aus %d Nemetschek-Objekten... ok ", layNo-1);
823     }
824 }
825 catch (Acad::ErrorStatus cc){
826     acutRelRb(pXdel);
827     if (pFA) {pFA->close();}
828     if (pFAi) {delete pFAi;}
829     // if (pVR1) {delete pVR1;}
830     // if (pVR2) {delete pVR2;}
831     if (pSO) {delete pSO;}
832     if (pBT) {pBT->close();}
833     if (pBTRw) {delete pBTRw;}
834     if (pBTRL) {delete pBTRL;}
835     if (pFAi) {delete pFAi;}
836     switch (cc){
837         case Acad::eDuplicateKey:
838             acutPrintf ("\nBlock '%s' bereits vorhanden", walNam);
839             return cc;
840         case Acad::eOutOfMemory:
841             return cc;
842         default:
843             return cc;
844     }
845 }
846
847 acutRelRb(pXdel);
848 if (pBT!=NULL){pBT->close();}
849 return Acad::eOk;
850 }
851
852
853 ///////////////////////////////////////////////////////////////////
854 //
855 Acad::ErrorStatus
856 sort3DFaces (ads_name sss,
857             Adesk::Int32 &nn)
858 {
859 // ändert Drehrichtung aller Elemente (3D-Flächen) im Auswahlset sss.
860 // Für 3DFaces mit 4 Stützpunkten, von denen 2. und 3. Punkt gleich sein können.
861 // 3DFACES, deren Stützpunkte auf einer Geraden liegen, werden eliminiert.
862 Acad::ErrorStatus ee;
863 int rc, ii;
864 ads_name adsOB;
865 AcGePoint3d pp[4];
866 AcGeVector3d vv, vv1, vv2;
867 Adesk::Boolean oo[4];
868 AcDbObjectId iOB, iLA;
869 AcDbFace *pFA;
870
871
872 rc= acedSSLength(sss, &nn);
873 for (int jj= 0; jj< nn; jj++){
874     rc= acedSSName(sss, jj, adsOB);
875     acdbGetObjectId(iOB, adsOB);
876     ee= acdbOpenObject(pFA, iOB, AcDb::kForRead);
877     for (ii=0; ii<4; ii++){
878         pFA->getVertexAt(ii, pp[ii]);
879         pFA->isEdgeVisibleAt(ii, oo[ii]); }
880
881     // Layer entsperren
882     iLA= pFA->layerId(); // LayerId ermitteln
883     AcDbLayerTableRecord *pLay;
884     ee= acdbOpenObject(pLay, iLA, AcDb::kForWrite);
885     pLay->setIsLocked(false);
886     pLay->close();
887
888     ///////////////////////////////////////////////////////////////////
889     // leere 3DFACEes entfernen...
890     // keine erschöpfende Überprüfung von Koinzidenzen (nur Punkte 1&2 abgefangen) !
891     //
892     if (pp[1]==pp[2]) {
893         vv1= pp[1]-pp[0];
894         vv2= pp[3]-pp[0]; }
895     else {
896         vv1= pp[1]-pp[0];
897         vv2= pp[2]-pp[0]; }
898     vv=vv1.crossProduct(vv2);
899
900     vv= AcGeVector3d(fabs(vv.x), fabs(vv.y), fabs(vv.z));
901     if ( ( vv.x <= 0.00000001) &&
902         (vv.y <= 0.00000001) &&
903         (vv.z <= 0.00000001)){
904         acutPrintf ("\n          Fehler in 3DFläche... ");

```

```

905 ee= pFA->upgradeOpen();
906 ee= pFA->erase();
907 ee= pFA->close(); pFA= NULL;
908 acedSSDel(adsOB, sss); // Dies ist eine Operation am original-selectionSet!
909 nn--;
910 acutPrintf ("behalten");
911 }
912 ////////////////////////////////////////////////////////////////////
913 // 3DFACE zur Übernahme umbauen...
914 //
915 else {
916 ee= pFA->upgradeOpen();
917 ee= pFA->setVertexAt(1, pp[3]);
918 ee= pFA->setVertexAt(3, pp[1]);
919 if (oo[0]) ee= pFA->makeEdgeVisibleAt(3);
920 else ee= pFA->makeEdgeInvisibleAt(3);
921 if (oo[1]) ee= pFA->makeEdgeVisibleAt(2);
922 else ee= pFA->makeEdgeInvisibleAt(2);
923 if (oo[2]) ee= pFA->makeEdgeVisibleAt(1);
924 else ee= pFA->makeEdgeInvisibleAt(1);
925 if (oo[3]) ee= pFA->makeEdgeVisibleAt(0);
926 else ee= pFA->makeEdgeInvisibleAt(0);
927 ee= pFA->close(); pFA= NULL;}
928 }
929 return ee;
930 }
931
932
933 ////////////////////////////////////////////////////////////////////
934 // createSimpleBlock
935 //
936 // baut aus den Objekten im Auswahlsatz 'sss' einen Block mit Namen 'nam'
937 int
938 createSimpleBlock (ads_name sss,
939 AcDbBlockTableRecord *pBTRw,
940 const char *nam,
941 int flg)
942 {
943 Acad::ErrorStatus ee;
944 Adesk::Int32 nn, jj;
945 ads_name adsOB;
946 AcCmColor cc;
947 AcDbEntity *pEntn, *pEntn;
948 AcDbObjectId iOB, iLA;
949 AcDbBlockTable *pBT;
950 AcDbBlockTableRecord *pBTR= NULL;
951 AcDbBlockReference *pRef;
952 resbuf *pXdel= acutBuildList(1001, APPN, 0); // leere Vorlage zum Löschen der IEZ-eed
953
954 try {
955 ee= acdbHostApplicationServices()->workingDatabase()->getBlockTable(pBT, AcDb::kForRead);
956 if (pBT->has(nam) == Adesk::kTrue){ // Den Block gibt es bereits...
957 //ggf. Blockdefinition überschreiben...
958 throw(Acad::eDuplicateKey);
959 }
960 else { // Schicht ist neu; also neuen BlockTableRecord erzeugen...
961 acutPrintf ("\n Block '%s' ", nam);
962 pBTR= new AcDbBlockTableRecord(); if (!pBTR){throw(Acad::eOutOfMemory);}
963 pBTR->setName(nam);
964 pBTR->setOrigin(AcGePoint3d::kOrigin);
965 ee= pBT->upgradeOpen(); if (ee != Acad::eOk){throw(ee);}
966 ee= pBT->add(pBTR); if (ee != Acad::eOk){throw(ee);}
967 pBT->close(); pBT= NULL;
968
969 // alle Objekte aus sss in diesen Block kopieren; Originale löschen...
970 acedSSLength(sss, &nn);
971 for (jj= 0; jj<nn; jj++){
972 acedSSName(sss, jj, adsOB);
973 ee= acdbOpenObject(pEnt, OBIdOf(adsOB), AcDb::kForRead);
974 iLA= pEnt->layerId(); // die AutoCAD-LayerId speichern für die Einfügung des SchichtBlocks.
975
976 pEntn= (AcDbEntity*)pEnt->clone();
977
978 if (flg){
979 pEntn->setXData(pXdel); // ...IEZ-ees ggf. löschen
980 pEntn->setLayer("0"); // ...Layer nullen
981 cc= pEntn->color(); // ...Objektfarbe sichern; wird später als Layerfarbe verwendet
982 pEntn->setColorIndex(0); // ...Objektfarbe als "vonBlock" definieren
983
984 ee= pBTR->appendAcDbEntity(pEntn); // neues Element dem Block anhängen
985 //if (ee!= Acad::eOk){throw(ee);}
986 pEntn->close(); pEntn= NULL;
987 if (ee==Acad::eOk){
988 ee= pEnt->upgradeOpen();
989 pEnt->erase(); // Original nur Löschen, wenn es dem Block zugefügt wurde...
990 }
991 pEnt->close(); pEnt= NULL;
992 }
993 acedSSFree(sss); // sss freigeben...
994 if (flg){ // layerFarbe setzen...
995 acutPrintf ("aus %d Teilflächen... ", jj);
996 setLayerProp(iLA, cc);
997 }
998 // 4. BlockReferenz erstellen...
999
1000 pRef= new AcDbBlockReference(AcGePoint3d(0,0,0), pBTR->objectId()); //...mit Einfügepunkt am Ursprung...
1001 ee= appToDwg((AcDbEntity*)pRef, iOB, ACDB_MODEL_SPACE, NULL); //...in der aktuellen Zeichnung...
1002 if (flg) {pRef->setLayer(iLA);} //...auf dem Layer iLA...
1003 else { pRef->setLayer("0");}
1004 pRef->setColorIndex(256); //...mit Farbe "vonLayer" erzeugen und...
1005 if (pBTRw) {
1006 ee= pBTRw->appendAcDbEntity(pRef);} //...dem WandBlock hinzufügen
1007 pRef->close(); pRef= NULL;
1008 pBTR->close(); pBTR= NULL;
1009 acutPrintf (" ok");
1010 }
1011 }
1012 catch (Acad::ErrorStatus cc){
1013 acutRelRb(pXdel);
1014 if (pBT) {pBT->close();}
1015 if (pBTR) {delete pBTR;}
1016 switch (cc){
1017 case Acad::eDuplicateKey:

```

```

1018     acutPrintf ("\nBlock '%s' bereits vorhanden", nam);
1019     return cc;
1020     case Acad::eOutOfMemory:
1021         return cc;
1022     default:
1023         return cc;
1024 }
1025 }
1026
1027 return 0;
1028 }
1029
1030
1031 ///////////////////////////////////////////////////
1032 // loopSsx
1033 //
1034 // dispatchloop für alle Konversionsprobleme;
1035 // mit flg wird gesteuert, welche Struktur erzeugt werden soll:
1036 //
1037 // 0: unverschachtelter Block (= DHPs sog. "Nemetschek"-Format)
1038 // 1: verschachtelter Block
1039 //     (die einzelnen Unterblöcke entsprechen DHPs
1040 //      "Nemetschek"-Format)
1041 // 2: ACSIS-Volumenkörper
1042 //
1043 // Abbruchkriterium: Komplette Abarbeitung von sss
1044 //
1045 void
1046 loopSsx (ads_name      &sss,
1047          Adesk::Int32  nn,
1048          const char   *nam,
1049          int           flg)
1050 {
1051     int      rc, no=1;
1052     ads_name adsOB,
1053             sss= {0L, 0L};
1054     AcCmColor cc;
1055     AcDbObjectId iOB, iLA;
1056     AcDb3dSolid *pSO= NULL;
1057     Adesk::Int32 bodNo, old;
1058     char        pfx[32], buf[20];
1059
1060     for (; nn>0; ){
1061         rc= acedSSName(sss, 0, adsOB); // erstes Element lesen...
1062         rc= getXdItem(adsOB, APPN, no, iOB, bodNo); // ...und Bauteilnummer ermitteln
1063         if (rc != RTNORM) break;
1064         if (bodNo==old) break; // aktuelle = letzte Bauteilnummer?; dürfte nicht vorkommen, da ja die
1065         old= bodNo;
1066
1067         _strset(pfx, 0);
1068         strcpy(pfx, nam);
1069         itoa(bodNo, buf, 10);
1070         strcat(pfx, buf);
1071
1072         selByXD(APPN, no, bodNo, bodNo, sss, sss); // Alle 3D-Faces mit dieser Bauteilnummer von sss nach sss schaufeln.
1073
1074         acedSSLength(sss, &nn);
1075         acedSSLength(ssx, &nn);
1076
1077         acutPrintf("\n::Bauteil Nr %d 3DFACE: %d",bodNo, nn);
1078
1079         if (nn >0){
1080             switch (flg) {
1081                 case 0: {
1082                     sort3DFaces(ssx, nn); // 3DFlächen analysieren und ins "Nemetschek-Format" umbauen
1083                     createSimpleBlock(ssx, NULL, pfx, 1); // unverschachtelten Block erzeugen...
1084                     break; }
1085                 case 1: {
1086                     sort3DFaces(ssx, nn); // 3DFlächen analysieren und ins "Nemetschek-Format" umbauen
1087                     createNestedBlock(ssx, nn, pfx, 0); // verschachtelten Block aus 3DFACES erzeugen
1088                     break; }
1089                 case 2: { // 3DFlächen in ACIS-Volumenkörper umwandeln
1090                     if (create3dSolid(ssx, nn, true)== Acad::eOk){
1091                         break; }
1092                     }
1093             }
1094         }
1095
1096         acedSSFFree(ssx); ssx[0]=0; ssx[1]=0; // Auswahlatz frei geben
1097         acedSSLength(sss, &nn); // Abbruchkriterium nn ermitteln
1098     }
1099 }
1100
1101 ///////////////////////////////////////////////////
1102 // IEZ2blk:
1103 //
1104 // sammelt in einer Zeichnung alle 3DFACES mit IEZ-Kennung, die zu einem bestimmten Speedikon-Bauteil gehören
1105 // und baut daraus einen Block
1106 //
1107 void
1108 ifib_IEZ2BLK ( )
1109 {
1110     Acad::ErrorStatus ee;
1111     AcDbObjectId iOB;
1112     Adesk::Int32 old= 0, nn= 0;
1113     ads_name sssDa= {0L, 0L},
1114             sssDe= {0L, 0L},
1115             sssWa= {0L, 0L},
1116             sssBo= {0L, 0L},
1117             sss= {0L, 0L};
1118     char *buf = NULL;
1119
1120     acutPrintf("\n ----- ");
1121     acutPrintf("\n Dieses Programm wandelt folgende speedIkon-Körper in das");
1122     acutPrintf("\n 'Nemetschek'-Format von Fa.Dietrichs um:");
1123     acutPrintf("\n ");
1124     acutPrintf("\n - Wände und ihre Schichten (application-type=102)");
1125     acutPrintf("\n - Dächer (application-type=131)");
1126     acutPrintf("\n - Decken (application-type=132)");
1127     acutPrintf("\n - Bodenaufbau (application-type=134)");
1128     acutPrintf("\n ");
1129     acutPrintf("\n Bei der Umwandlung geschieht folgendes: ");
1130     acutPrintf("\n a. Beseitigung ungültiger 3DFACES");

```

```

1131 acutPrintf("\n b. Ausrichtung der Flächennormalen aller 3DFACES in das Körperinnere");
1132 acutPrintf("\n c. Erzeugen eines Blocks aus allen 3DFACES einer Schicht");
1133 acutPrintf("\n d. Erzeugen eines Blocks aus allen SchichtBlöcke eines Bauteils");
1134 acutPrintf("\n e. Erzeugen eines Blocks aus allen übrigen Elementen");
1135 acutPrintf("\n ----- ");
1136 acutPrintf("\n ");
1137 char kw[20];
1138 acedInitGet(0, "Ja Nein");
1139 acedGetKword("\n wollen Sie fortfahren? [<Ja>/Nein]: ", kw);
1140 if ((strcmp(kw, "Ja") != 0)&&(strcmp(kw, "") != 0)) {return;}
1141
1142 acedCommand (RTSTR, "_-LAYER", RTSTR, "_UNL", RTSTR, "*", RTSTR, "", 0);
1143
1144 ////////////////////////////////////////////////////////////////////
1145 // 1. Alle Elemente in der Zeichnung durchspulen und in 2 Auswahlätze sortieren,
1146 // je nachdem sie Bestandteile von IEZ-Wand/Decke/Bodenaufbau sind oder nicht;
1147 // Die Wand/Decke/Bodenaufbau-elemente werden im Auswahlatz sss gesammelt.
1148 // Das Kriterium, ob ein Element ein Bestandteil eines o.g. IEZ-Elementes ist
1149 // ist a) das Vorhandensein einer EED "IEZ_DATA" und b) dass der erste 1071-Eintrag
1150 // dieser EED die Kennung 102 (Wand), 131(Dächer), 132 (Decke) oder 134 (Bodenaufbau) hat.
1151 // Alle Elemente, welche diese Kriterien nicht erfüllen kommen in den Auswahlatz sse.
1152
1153 int appTyp; // IEZ application-type (n. Angabe Herr Kabath erstes 1071er-Feld)
1154 ads_name adsOB;
1155 struct resbuf *pXd= NULL;
1156 AcDbEntity *pEnt;
1157
1158 acedSSAdd(NULL, NULL, sss); // SelectionSet initialisieren
1159 acedSSAdd(NULL, NULL, ssDa);
1160 acedSSAdd(NULL, NULL, ssDe);
1161 acedSSAdd(NULL, NULL, ssBo);
1162 acedSSAdd(NULL, NULL, ssWa);
1163 acdbEntNext(NULL, adsOB); // erstes Element in der Zeichnung
1164 do {
1165 ee= acdbOpenObject(pEnt, OBIdOf(adsOB), AcDb::kForRead);
1166 pXd= pEnt->xData(APPN);
1167 if (!pXd) {acedSSAdd(adsOB, sss, sss);}
1168 else {
1169 appTyp= pXd->rbnext->resval.rint; // vorspulen zum 1. 1071er-Eintrag
1170 if (appTyp== 102) {acedSSAdd(adsOB, ssWa, ssWa);}
1171 else if (appTyp == 131) {acedSSAdd(adsOB, ssDa, ssDa);}
1172 else if (appTyp == 132) {acedSSAdd(adsOB, ssDe, ssDe);}
1173 else if (appTyp == 134) {acedSSAdd(adsOB, ssBo, ssBo);}
1174 else {acedSSAdd(adsOB, sss, sss);}
1175 }
1176 acutRelRb(pXd); pXd= NULL; pEnt->close();
1177 } while (acdbEntNext(adsOB, adsOB) == RTNORM); // Abbruch, wenn kein weiteres Element vorhanden
1178
1179 acedSSLength(sss, &nn);
1180 if (nn> 0){createSimpleBlock(sss, NULL, "I-Rest", 0);}
1181 acedSSFree(sss); // sss wieder frei geben
1182
1183 ////////////////////////////////////////////////////////////////////
1184 // 2. Nun liegt in ssWa... Auswahlätze aller Bestandteile von IEZ-Wänden/-Decken/-Bodenaufbauten vor.
1185 // Im folgenden Abschnitt werden alle zusammengehörigen Bestandteile zu Bauteilen zusammengefügt.
1186 // Vorher werden die Flächennormalen jeder Einzelfläche so ausgerichtet, dass sie in das
1187 // Bauteilinnere zeigt. "Fehlerhafte" Flächen (alle Punkte liegen auf einer Geraden) werden
1188 // entfernt.
1189
1190 acedSSLength(ssWa, &nn);
1191 if (nn== 0){acutPrintf("\n->keine IEZ-Wand-Elemente!");}
1192 else {loopSsx(ssWa, nn, "I-WA", 1);}
1193 acedSSFree(ssWa);
1194
1195 acedSSLength(ssDa, &nn);
1196 if (nn== 0){acutPrintf("\n->keine IEZ-Dach-Elemente!");}
1197 else {loopSsx(ssDa, nn, "I-DA", 0);} // #äh der Vector ist käse!
1198 acedSSFree(ssDa);
1199
1200 acedSSLength(ssDe, &nn);
1201 if (nn== 0){acutPrintf("\n->keine IEZ-Decken-Elemente!");}
1202 else {loopSsx(ssDe, nn, "I-DE", 0);}
1203 acedSSFree(ssDe);
1204
1205 acedSSLength(ssBo, &nn);
1206 if (nn== 0){acutPrintf("\n->keine IEZ-Boden-Elemente!");}
1207 else {loopSsx(ssBo, nn, "I-BO", 0);}
1208 acedSSFree(ssBo);
1209
1210 }
1211
1212 ////////////////////////////////////////////////////////////////////
1213 // ifibSeXd:
1214 // (ifibSeXd sname AppNam No FromDat ToDat) "select by eed"
1215 // sname muss nil oder ein initialisierter Auswahlatz sein.
1216 // Objekte nach eed wählen; Funktion gibt die gefundenen Elemente zurück
1217 //
1218 int ifibsexd()
1219 {
1220 struct resbuf *pRB= acedGetArgs(), *pRBAPP, *pRBfld, *pRBvon, *pRBbis;
1221 int rc;
1222 acedRetNil(); // Rückgabewert nil als Vorgabe
1223
1224 if (!pRB) return 0;
1225 if (pRB->restype == RTNIL){
1226 pRB->restype= RTPICKS;
1227 rc= acedSSAdd(NULL, NULL, pRB->resval.rlname); }
1228 if (pRB->restype != RTPICKS) return 0;
1229 pRBAPP= pRB->rbnext;
1230 if (pRBAPP->restype != RTSTR) return 0;
1231 pRBfld= pRBAPP->rbnext;
1232 if (!pRBfld || (pRBfld->restype != RTSHORT)) return 0;
1233 pRBvon= pRBfld->rbnext;
1234 if (!pRBvon) return 0;
1235 pRBbis= pRBvon->rbnext;
1236 if (!pRBbis) pRBbis= pRBvon;

```



```

1244
1245 if (pRBvon->restype != pRBbis->restype) pRBbis= pRBvon;
1246 switch (pRBvon->restype) {
1247     case RTSTR:
1248         selByXD(pRBAPP->resval.rstring, // AppName
1249             pRBfld->resval.rint, // FeldNo
1250             pRBvon->resval.rstring, // pattern
1251             pRB->resval.rlname);
1252         break;
1253     case RTREAL:
1254         selByXD(pRBAPP->resval.rstring, // AppName
1255             pRBfld->resval.rint, // FeldNo
1256             pRBvon->resval.rreal, // vonDatum
1257             pRBbis->resval.rreal, // bisDatum
1258             pRB->resval.rlname);
1259         break;
1260     case RTSHORT:
1261         selByXD(pRBAPP->resval.rstring, // AppName
1262             pRBfld->resval.rint, // FeldNo
1263             (Adesk::Int32) pRBvon->resval.rint, // vonDatum
1264             (Adesk::Int32) pRBbis->resval.rint, // bisDatum
1265             pRB->resval.rlname);
1266     case RTLONG:
1267         selByXD(pRBAPP->resval.rstring, // AppName
1268             pRBfld->resval.rint, // FeldNo
1269             pRBvon->resval.rlong, // vonDatum
1270             pRBbis->resval.rlong, // bisDatum
1271             pRB->resval.rlname);
1272         break;
1273 }
1274 acutRelRb(pRB);
1275 rc= acedRetName(pRB->resval.rlname, RTPICKS);
1276 return RTNORM;
1277 }
1278
1279
1280 ////////////////////////////////////////////////////
1281 // IEZ2SAT
1282 //
1283 // Umwandlung von speedikon-Körpern in 3DSolids
1284 //
1285 void ifib_IEZ2SAT()
1286 {
1287     Acad::ErrorStatus ee;
1288     AcDbObjectId iOB;
1289     Adesk::Int32 old= 0;
1290     ads_name ssDa= {0L, 0L},
1291             ssDe= {0L, 0L},
1292             ssWa= {0L, 0L},
1293             ssOf= {0L, 0L},
1294             ssBo= {0L, 0L},
1295             sss= {0L, 0L};
1296     char *buf = NULL;
1297
1298     _TOL.setEqualPoint(_TOLV);
1299     _TOL.setEqualVector(_TOLV);
1300
1301     acutPrintf("\n ----- ");
1302     acutPrintf("\n Dieser Befehl wandelt SICHTBARE speedIkon-Körper um in ");
1303     acutPrintf("\n 3DSolids (ACIS)");
1304     acutPrintf("\n ");
1305     acutPrintf("\n - Wände und ihre Schichten (application-type=102)");
1306     acutPrintf("\n - Öffnungen (application-type=105)");
1307     acutPrintf("\n - Dächer (application-type=131)");
1308     acutPrintf("\n - Decken (application-type=132)");
1309     acutPrintf("\n - Bodenaufbau (application-type=134)");
1310     acutPrintf("\n ");
1311     acutPrintf("\n Einschränkungen:");
1312     acutPrintf("\n - Bauteile müssen plattenartig und länger als breit sein;");
1313     acutPrintf("\n - Schrägschnitte dürfen nur an konvexen Konturen auftreten;");
1314     acutPrintf("\n ----- ");
1315     acutPrintf("\n ");
1316
1317     AcDbRegion *pVR; // das steht nur HIER, um ACIS-Initialisierung JETZT zu erzwingen
1318     pVR= new AcDbRegion();
1319     delete pVR;
1320
1321     char kw[20];
1322     acedIntGet(0, "Ja Nein");
1323     acedGetKword("\n wollen Sie fortfahren? [<Ja>/Nein]: ", kw);
1324     if ((strcmp(kw, "Ja") != 0) && (strcmp(kw, "") != 0)) {return;}
1325
1326     acedCommand(RTSTR, "_-LAYER", RTSTR, "_UNL", RTSTR, "*", RTSTR, "", 0);
1327
1328     ////////////////////////////////////////////////////
1329     // 1. Alle Elemente in der Zeichnung durchspulen und in 6 Auswahlätze sortieren,
1330     // je nachdem sie Bestandteile von IEZ-Wand/Decke/Bodenaufbau sind oder nicht;
1331     // Die Wand/Decke/Bodenaufbau-elemente werden im Auswahlatz sss gesammelt.
1332     // Das Kriterium, ob ein Element ein Bestandteil eines o.g. IEZ-Elementes ist
1333     // ist a) das Vorhandensein einer EED "IEZ_DATA" und b) dass der erste 1071-Eintrag
1334     // dieser EED die Kennung 102 (Wand), 131(Dächer), 132 (Decke) oder 134 (Bodenaufbau) hat.
1335     // Alle Elemente, welche diese Kriterien nicht erfüllen kommen in den Auswahlatz sse.
1336
1337     int appTyp; // IEZ application-type (n. Angabe Herr Kabath erstes 1071er-Feld)
1338     ads_name adsOB;
1339     struct resbuf *pXd= NULL;
1340     Adesk::Int32 ii, nn;
1341     AcDbEntity *pEnt;
1342     struct resbuf *pRB= acutBuildList(RTDXF0, "3DFACE", 0);
1343
1344     acedSSAdd(NULL, NULL, sss); // SelectionSet initialisieren
1345     acedSSAdd(NULL, NULL, ssDa);
1346     acedSSAdd(NULL, NULL, ssDe);
1347     acedSSAdd(NULL, NULL, ssBo);
1348     acedSSAdd(NULL, NULL, ssWa);
1349     acedSSAdd(NULL, NULL, ssOf);
1350
1351     acedSSGet("_A", NULL, NULL, pRB, sss);
1352     acedSSLength(sss, &nn);
1353     ii= 0;
1354     for (acedSSName(sss, ii, adsOB); (ii < nn); ii++) {
1355         acedSSName(sss, ii, adsOB);
1356         ee= acdbOpenObject(pEnt, OBIIdOf(adsOB), AcDb::kForRead);

```

```

1357     pXd= pEnt->xData(APPN);
1358     if (pXd){
1359         appTyp= pXd->rbnext->resval.rint; // vorspulen zum 1. 1071er-Eintrag
1360         if (appTyp== 102) {acedSSAdd(adsOB, ssWa, ssWa);}
1361         else if (appTyp == 105) {acedSSAdd(adsOB, ssDa, ssOf);}
1362         else if (appTyp == 131) {acedSSAdd(adsOB, ssDa, ssDa);}
1363         else if (appTyp == 132) {acedSSAdd(adsOB, ssDe, ssDe);}
1364         else if (appTyp == 134) {acedSSAdd(adsOB, ssBo, ssBo);}
1365     }
1366     acutRelRb(pXd); pXd= NULL; pEnt->close();
1367 }
1368
1369 // acedSSLength(sss, &nn);
1370 // if (nn> 0){createSimpleBlock(sss, NULL, "I-Rest", 0);}
1371 acedSSFree(sss); // sss wieder frei geben
1372
1373
1374 ///////////////////////////////////////////////////////////////////
1375 // 2. Nun liegt in ssWa... Auswahlätze aller Bestandteile von IEZ-Wänden/-Decken/-Bodenaufbauten vor.
1376 // Im folgenden Abschnitt werden alle zusammengehörigen Bestandteile zu Bauteilen zusammengefügt.
1377
1378 acedSSLength(ssWa, &nn);
1379 if (nn== 0){acutPrintf("\n->keine IEZ-Wand-Elemente!");}
1380 else {loopSsx(ssWa, nn, "I-WA", 2);}
1381 acedSSFree(ssWa);
1382
1383 acedSSLength(ssOf, &nn);
1384 if (nn== 0){acutPrintf("\n->keine IEZ-Öffnungs-Elemente!");}
1385 else {loopSsx(ssOf, nn, "I-OF", 2);}
1386 acedSSFree(ssOf);
1387
1388 acedSSLength(ssDa, &nn);
1389 if (nn== 0){acutPrintf("\n->keine IEZ-Dach-Elemente!");}
1390 else {loopSsx(ssDa, nn, "I-DA", 2);}
1391 acedSSFree(ssDa);
1392
1393 acedSSLength(ssDe, &nn);
1394 if (nn== 0){acutPrintf("\n->keine IEZ-Decken-Elemente!");}
1395 else {loopSsx(ssDe, nn, "I-DE", 2);}
1396 acedSSFree(ssDe);
1397
1398 acedSSLength(ssBo, &nn);
1399 if (nn== 0){acutPrintf("\n->keine IEZ-Boden-Elemente!");}
1400 else {loopSsx(ssBo, nn, "I-BO", 2);}
1401 acedSSFree(ssBo);
1402
1403 }
1404
1405
1406 ///////////////////////////////////////////////////////////////////
1407 // IEZ2POLY
1408 //
1409 void ifib_IEZ2POLY()
1410 {
1411     _TOL.setEqualPoint(_TOLV);
1412     _TOL.setEqualVector(_TOLV);
1413 }
1414
1415
1416
1417 ///////////////////////////////////////////////////////////////////
1418 // subVisibility:
1419 //
1420 // Alle objekte der zeichnung unsichtbar (vis== 0) machen, außer denen im auswahlsatz "ads_name" oder wieder
1421 // sichtbar machen ("vis" == 1)
1422 // Inkrementiert/Dekrementiert "nn" entsprechend
1423 //
1424 long
1425 subVisibility (ads_name &ssx,
1426              long nn,
1427              int vis)
1428 {
1429     Acad::ErrorStatus es;
1430     int ee= RTNORM;
1431     long mm;
1432     ads_name adsOB;
1433     AcDbObjectId iObj;
1434     AcDbEntity *pEnt;
1435
1436     if (vis) mm= nn;
1437     else mm= 0;
1438
1439     for (ee= acdbEntNext(NULL, adsOB); (ee == RTNORM); ee= acdbEntNext(adsOB, adsOB)){
1440         if (acedSSMemb(adsOB, ssx)!=RTERROR){ // objekt ist nicht Member des Auswahlatzes
1441             es= acdbGetObjectid (iObj, adsOB);
1442             if (acdbOpenAcDbEntity (pEnt, iObj, AcDb::kForWrite) == Acad::eOk){
1443                 if (vis) {mm--; pEnt->setVisibility (AcDb::kVisible);}
1444                 else {mm++; pEnt->setVisibility (AcDb::kInvisible);}
1445                 pEnt->close();
1446             }
1447             return (mm);
1448         }
1449     }
1450
1451
1452 ///////////////////////////////////////////////////////////////////
1453 // ifib_Bearbeiten
1454 //
1455 // ermöglicht das wegräumen aller objekte auf dem bildschirm außer den gewählten.
1456 // Hierdurch kann v.a in 3D-Situationen eine bessere übersichtlichkeit erreicht
1457 // werden.
1458 // Bei wiederholtem aufruf, werden die weggeräumten objekte wieder sichtbar gemacht.
1459 //
1460 void
1461 ifib_Bearbeiten (
1462 {
1463     ads_name ssx, ssi;
1464     long nnx= 0, nni=0;
1465
1466     acedSSGet ("I", NULL, NULL, NULL, ssx); // markierte Objekte checken...
1467     acedSSLength (ssx, &nnx);
1468
1469

```

```

1470 struct resbuf *flt= acutBuildList (60, 1, RTNONE);
1471 acedSSGet ("X", NULL, NULL, flt, ssi);
1472 acedSSLength (ssi, &nni);
1473 acutRelRb (flt); acedSSFree (ssi);
1474
1475 if (nnx>0) {
1476     nnx= subVisibility (ssx, nnx, 0); // ...gleich wegräumen.
1477     acutPrintf ("\n::%i Objekte sind jetzt weggeräumt.", nnx + nni);
1478     acedSSFree (ssx);
1479     acedCommand (RTSTR, "_SELECT", RTSTR, "", RTNONE); // dies muß passieren um den sset "I" -selectionset zu löschen
1480 }
1481 else {
1482     // es gibt keine markierten Objekte...
1483     if (nni>0) {acutPrintf ("\n::<alle wiederherstellen> od. Objekte für Freistellung wählen: ");}
1484     else {acutPrintf ("\n::Objekte für Freistellung wählen: ");}
1485     acedSSGet (NULL, NULL, NULL, NULL, ssx); // ... fordere den benutzer auf welche zu wählen...
1486     acedSSLength (ssx, &nnx);
1487     if (nnx == 0){
1488         subVisibility(ssx, nnx, 1);
1489         acutPrintf("\n::Alle Objekte sind jetzt wieder sichtbar");
1490     }
1491     else {
1492         nnx= subVisibility (ssx, nnx, 0);
1493         acutPrintf ("\n::%i Objekte sind jetzt weggeräumt.", nnx + nni);
1494     }
1495     acedSSFree (ssx);
1496 }
1497
1498

```

## 1 6.2. Anhang Programmierung der Plattform

```
2
3
4 Nachfolgend sehen Sie beispielhaft den Quelltext einer dynamischen Webseite, des Benutzerinterfaces.
5 Hierbei handelt es sich um die Funktionalität des Kalenders. Innerhalb dieser Webseite werden
6 formatierender, statischer HTML-Code mit dynamischen Skriptcode verbunden, der die anzuzeigenden
7 Termine aus der Datenbank abfragt und mit den Ergebnissen einen individuellen Benutzerkalender erzeugt.
8 Die Datenbankbefehle sind in standardisiertem SQL-Code geschrieben und können deshalb auch auf
9 andere Datenbanksysteme angewendet werden.
10
11 Bei dem abgebildeten Quelltext handelt es sich um die Datei "kalender.asp", deren Größe 16 Kilobyte
12 beträgt. Insgesamt wurden für das Forschungsprojekt und die basysnetz.de 131 weitere Dateien
13 geschrieben, die zusammen mehr als 800 Kilobyte umfassen.
14 Der hier abgebildete Quelltext entspricht also etwa 2% der Arbeit. Die gesamte Dokumentation des
15 Programmcodes ist sicherlich an dieser Stelle nicht nötig, bzw. würde mindestens 200 Seiten umfassen.
16
17 Da wir die Plattform auch für unsere ifib-internen Projekte verwenden und auch die Forschungspartner
18 damit weiterarbeiten möchten, wird die sie auch über die Laufzeit des Projektes hinaus beständig bleiben.
19
20 Für Nachfragen oder weitere Informationen steht Herr Claus-Jürgen Schink gerne zu Verfügung.
21
22
23
24 --- Beginn Quelltext: ---
25
26 <%
27 session("tanswer")=""
28 Response.Expires=-1
29 xid = Request.QueryString
30
31 Function GetDaysInMonth(iMonth, iYear)
32     Select Case iMonth
33         Case 1, 3, 5, 7, 8, 10, 12
34             GetDaysInMonth = 31
35         Case 4, 6, 9, 11
36             GetDaysInMonth = 30
37         Case 2
38             If IsDate("Februar 29, " & iYear) Then
39                 GetDaysInMonth = 29
40             Else
41                 GetDaysInMonth = 28
42             End If
43     End Select
44 End Function
45
46 Function GetWeekdayMonthStartsOn(iMonth, iYear)
47     GetWeekdayMonthStartsOn = WeekDay(CDate("1." & iMonth & "." & iYear))
48 End Function
49
50 Function SubtractOneMonth(dDate)
51 Dim iDay, iMonth, iYear
52     iDay = Day(dDate)
53     iMonth = Month(dDate)
54     iYear = Year(dDate)
55
56     If iMonth = 1 Then
57         iMonth = 12
58         iYear = iYear - 1
59     Else
60         iMonth = iMonth - 1
61     End If
62
63     If iDay > GetDaysInMonth(iMonth, iYear) Then iDay = GetDaysInMonth(iMonth, iYear)
64
65     SubtractOneMonth = CDate(iDay & "." & iMonth & "." & iYear)
66 End Function
67
68 Function AddOneMonth(dDate)
69 Dim iDay, iMonth, iYear
70     iDay = Day(dDate)
71     iMonth = Month(dDate)
72     iYear = Year(dDate)
73
74     If iMonth = 12 Then
75         iMonth = 1
76         iYear = iYear + 1
77     Else
78         iMonth = iMonth + 1
79     End If
80
81     If iDay > GetDaysInMonth(iMonth, iYear) Then iDay = GetDaysInMonth(iMonth, iYear)
82
83     AddOneMonth = CDate(iDay & "." & iMonth & "." & iYear)
84 End Function
85 ' ***End Function Declaration***
86
87
88 Dim dDate      ' Date we're displaying calendar for
89 Dim iDIM       ' Tage im Monat
90 Dim iDOW       ' Erster Wochentag im Monat
91 Dim iCurrent   ' Variable des aktuellen day of month beim table-schreiben
92 Dim iPosition  ' Variable we use to hold current position in table
93
94 If IsDate(Request.QueryString("date")) Then
95     dDate = CDate(Request.QueryString("date"))
96 Else
97     If IsDate(Request.QueryString("Tag") & "-" & Request.QueryString("Monat") & "-" & Request.QueryString("Jahr")) Then
98         dDate = CDate(Request.QueryString("Tag") & "-" & Request.QueryString("Monat") & "-" & Request.QueryString("Jahr"))
99     Else
100        dDate = Date()
101    End If
102 End If
103 iDIM = GetDaysInMonth(Month(dDate), Year(dDate))
104 iDOW = GetWeekdayMonthStartsOn(Month(dDate), Year(dDate)) - 1
105 If iDOW = 0 THEN iDOW = 7
106
107
108 If xm <> month(ddate) THEN      'wenn Monat gewechselt wurde
109
110     For i = 1 to 31 ' variablen auf Null
111         session("t" & i) = ""
112     next
113
114 termlist = "SELECT Termine.Datum, Termine.Terminkurz, Termine.ID FROM (Projekte INNER JOIN Termine ON Projekte.ID = Termine.Projektid)
115 INNER JOIN x_projektpersonen ON Projekte.ID = x_projektpersonen.projektid GROUP BY Termine.Datum, Termine.Terminkurz, Termine.ID,
116 Termine.Uhrzeit, Month([datum]), x_projektpersonen.personid HAVING (((Month([datum]))=" & month(ddate) & ") AND (Year([Datum]))=" &
117 year(ddate) & ") AND ((x_projektpersonen.personid)=" & session("userid") & ")) ORDER BY Termine.Uhrzeit;"
118
119 Set ps = Server.CreateObject("ADODB.Recordset")
120 ps.Open termlist, Application("db_main")
121 If Err.Description <> "" Then
122     Response.Write "Datenbankfehler: " + Err.Description
```

```

121 Else
122   If pS.EOF And pS.BOF Then
123
124 Else
125
126 Do WHILE NOT pS.EOF
127   If session("t"& day(ps(0))) = "" THEN
128     session("t"& day(ps(0))) = "<br><font size='1'><a href='kalenderinfo.asp?' & ps(2) * Application("code")& "'>" & ps(1) &"</a>"
129   Else
130     If session("t"& day(ps(0))) <> ps(0) THEN
131       session("t"& day(ps(0))) = session("t"& day(ps(0))) &"<br><a href='kalenderinfo.asp?' & ps(2)* Application("code")& "'>" & ps(1)
132     &"</a>"
133   End If
134   ps.MoveNext
135   Loop
136   xm = month(ddate)
137   ps.close
138   End If
139 End If
140 End If
141 %>
142
143 <head>
144 <META HTTP-EQUIV="Expires" CONTENT="0">
145 <title>Kalender</title>
146 <link rel="stylesheet" type="text/css" href="../../plattform.css">
147 </head>
148 <body bgcolor="#FFFFFF" vlink="#0000FF">
149
150 <TABLE BORDER="0" CELLSPACING=0 >
151 <tr>
152 <td>
153 <p><% = session("tanswer") %></p>
154 </td>
155 </tr>
156 <tr>
157 <td><FORM>
158 <TABLE BORDER="0">
159   <TR>
160     <TD BGCOLOR=#CCCCCC ALIGN="center" COLSPAN=7>
161       <TABLE WIDTH=100% BORDER=0 CELLSPACING=0 CELLPADDING=0>
162         <TR>
163           <TD ALIGN="right" bgcolor="#000080"><font size="2"><A HREF="./Kalender.asp?date=<%=
164             SubtractOneMonth(dDate) %>"><FONT color=#FFFFFF SIZE="-1">&lt;&lt;</FONT></A></font></TD>
165           <TD ALIGN="center" bgcolor="#000080"><font size="3"><B><font color="#FFFFFF"><%=
166             MonthName(Month(dDate)) & " " & Year(dDate) %></font></B></font></TD>
167           <TD ALIGN="left" bgcolor="#000080"><font size="2"><A HREF="./Kalender.asp?date=<%=
168             AddOneMonth(dDate) %>"><FONT color=#FFFFFF SIZE="-1">&gt;&gt;</FONT></A></font></TD>
169         </TR>
170       </TABLE>
171     </TR>
172   <TR>
173     <TD ALIGN="center" BGCOLOR=#6699FF<font size="2"><FONT COLOR=#000000><B>Montag</B></FONT><BR><IMG
174     SRC="./images/dummie.gif" WIDTH=70 HEIGHT=1 BORDER=0></TD>
175     <TD ALIGN="center" BGCOLOR=#6699FF<font size="2"><FONT COLOR=#000000><B>Dienstag</B></FONT><BR><IMG
176     SRC="./images/dummie.gif" WIDTH=70 HEIGHT=1 BORDER=0></TD>
177     <TD ALIGN="center" BGCOLOR=#6699FF<font size="2"><FONT COLOR=#000000><B>Mittwoch</B></FONT><BR><IMG
178     SRC="./images/dummie.gif" WIDTH=70 HEIGHT=1 BORDER=0></TD>
179     <TD ALIGN="center" BGCOLOR=#6699FF<font size="2"><FONT COLOR=#000000><B>Donnerstag</B></FONT><BR><IMG
180     SRC="./images/dummie.gif" WIDTH=70 HEIGHT=1 BORDER=0></TD>
181     <TD ALIGN="center" BGCOLOR=#6699FF<font size="2"><FONT COLOR=#000000><B>Freitag</B></FONT><BR><IMG
182     SRC="./images/dummie.gif" WIDTH=70 HEIGHT=1 BORDER=0></TD>
183     <TD ALIGN="center" BGCOLOR=#AAAAAA<font size="2"><FONT COLOR=#000000><B>Samstag</B></FONT><BR><IMG
184     SRC="./images/dummie.gif" WIDTH=70 HEIGHT=1 BORDER=0></TD>
185     <TD ALIGN="center" BGCOLOR=#AAAAAA<font size="2"><FONT COLOR=#000000><B>Sonntag</B></FONT><BR><IMG SRC="./images/dummie.gif" WIDTH=70
186     HEIGHT=1 BORDER=0></TD>
187   </TR>
188 <%
189 If iDOW <> 1 Then
190   Response.Write vbTab & "<TR>" & vbCrLf
191   iPosition = 1
192   Do While iPosition < iDOW
193     Response.Write vbTab & vbTab & "<TD>&nbsp;&nbsp;&nbsp;</TD>" & vbCrLf
194     iPosition = iPosition + 1
195   Loop
196 End If
197
198 ' Wochentage schreiben
199 iCurrent = 1
200 iPosition = iDOW
201 Do While iCurrent <= iDIM
202   ' Start von Zeile mit <tr>
203   If iPosition = 1 Then
204     Response.Write vbTab & "<TR>" & vbCrLf
205   End If
206
207   If iPosition < 6 THEN 'Farbe für Wochenende
208     If iCurrent = Day(dDate) Then
209       Response.Write vbTab & vbTab & "<TD valign='top' BGCOLOR=#AAAAFF' height='40'><font face='verdana,arial,Helvetica'
210       size='2'><FONT SIZE=""-1""><B>" & iCurrent & "</B></FONT>" & session("t" & iCurrent)& "</TD>" & vbCrLf
211     Else
212       Response.Write vbTab & vbTab & "<TD valign='top' BGCOLOR=#DDDDDD height='40'><font face='verdana,arial,Helvetica'
213       size='2'><A HREF=""./Kalender.asp?date=" & iCurrent & "." & Month(dDate) & "." & Year(dDate) & """"><FONT SIZE=""-1"">" & iCurrent &
214       "</FONT></A>" & session("t" & iCurrent)& "</TD>" & vbCrLf
215     End If
216   Else
217     If iCurrent = Day(dDate) Then
218       Response.Write vbTab & vbTab & "<TD valign='top' bgcolor='#AAAAFF' height='40'><font face='verdana,arial,Helvetica'
219       size='2'><FONT SIZE=""-1""><B>" & iCurrent & "</B></FONT>" & session("t" & iCurrent)& "</TD>" & vbCrLf
220     Else
221       Response.Write vbTab & vbTab & "<TD valign='top' BGCOLOR=#BBBBBB' height='40'><font face='verdana,arial,Helvetica'
222       size='2'><A HREF=""./Kalender.asp?date=" & iCurrent & "." & Month(dDate) & "." & Year(dDate) & """"><FONT SIZE=""-1"">" & iCurrent &
223       "</FONT></A>" & session("t" & iCurrent)& "</TD>" & vbCrLf
224     End If
225   End If
226
227   ' Am Ender der Reihe Zeile abschließen /TR
228   If iPosition = 7 Then
229     Response.Write vbTab & "</TR>" & vbCrLf
230     iPosition = 0
231   End If
232   ' Increment variables
233   iCurrent = iCurrent + 1
234   iPosition = iPosition + 1
235 Loop
236
237 If iPosition <> 1 Then
238   Do While iPosition <= 7
239     Response.Write vbTab & vbTab & "<TD>&nbsp;&nbsp;&nbsp;</TD>" & vbCrLf
240     iPosition = iPosition + 1
241   Loop
242   Response.Write vbTab & "</TR>" & vbCrLf

```

```

227 End If
228 %>
229 </TABLE><br>
230 <div align="left">
231 <table border="0" cellspacing="2">
232 <tr><td colspan="4" bgcolor="#AACCF" width="100%"><b>Termine am <% =ddate%></b></td></tr>
233 <%
234 termlist = "SELECT Termine.Datum, Termine.Uhrzeit, Termine.ID, Termine.Terminkurz, Termine.Terminlang, Termine.Ort,
Projekte.Projektnummer, Projekte.ID FROM (Projekte INNER JOIN x_projektpersonen ON Projekte.ID = x_projektpersonen.projektid) INNER JOIN
Termine ON Projekte.ID = Termine.Projektid WHERE (((x_projektpersonen.personid) = & session("userid") &")) GROUP BY Termine.Datum,
Termine.Uhrzeit, Termine.ID, Termine.Terminkurz, Termine.Terminlang, Termine.Ort, Projekte.Projektnummer, Projekte.ID HAVING
(((Termine.Datum) = " & day(ddate) & "/" & month(ddate) & "/" & year(ddate) &")) ORDER BY Termine.Uhrzeit;"
235
236 *Response.Write termlist
237
238 Set ps = Server.CreateObject("ADODB.Recordset")
239 ps.Open termlist, Application("db_main")
240 If Err.Description <> "" Then
241 Response.Write "Datenbankfehler: " + Err.Description
242 Else
243 If ps.EOF And ps.BOF Then
244 Response.Write "<tr><td>Keine Termine vorhanden</td></tr>"
245 Else
246 Response.Write "<tr><td bgcolor='#CCCCCC'>Uhrzeit</td> <td bgcolor='#CCCCCC'>Termin</td><td bgcolor='#CCCCCC'>Ort</td>
bgcolor='#CCCCCC'><td bgcolor='#CCCCCC'>betrifft Projekt</td></tr>"
247 Do WHILE NOT ps.EOF
248
249 Response.Write "<tr><td bgcolor='#EEEEEE'>" & ps(1) & "</td><td bgcolor='#EEEEEE'><a href='kalenderinfo.asp?' & ps(2)*
Application("code")& " ')" & ps(3) & "</a></td><td bgcolor='#EEEEEE'>" & ps(5) & "</td>"
250 Response.Write "<td bgcolor='#EEEEEE'><a href='../projekte/default.asp?' & ps(7)*Application("code_projekt") & "
target='Hauptframe'" & ps(6) & "</a></td></tr>"
251 Response.Write "<tr><td>&nbsp;</td><td colspan='3' bgcolor='#EEEEEE'><font size='1'>" & ps(4) & "</td></tr>"
252 ps.MoveNext
253 Loop
254 End If
255 End If
256 ps.close
257 %>
258 </table>
259 </div>
260 </td></tr>
261 </table>
262 <br>
263 <TABLE BORDER="0" CELLSPACING=0 CELLPADDING=0>
264 <TR><TD>
265 <a href="Kalender.asp?date=<% =date() %>">Termine heute</a><br>
266 <a href="Termin_neu.asp">neuen Termin eingeben</a>
267 <br>
268 <SELECT name="Tag"><OPTION VALUE=1>1.</OPTION> <OPTION VALUE=2>2.</OPTION>
269 <OPTION VALUE=3>3.</OPTION> <OPTION VALUE=4>4.</OPTION>
270 <OPTION VALUE=5>5.</OPTION> <OPTION VALUE=6>6.</OPTION>
271 <OPTION VALUE=7>7.</OPTION> <OPTION VALUE=8>8.</OPTION>
272 <OPTION VALUE=9>9.</OPTION>
273 <OPTION VALUE=10>10.</OPTION> <OPTION VALUE=11>11.</OPTION>
274 <OPTION VALUE=12>12.</OPTION> <OPTION VALUE=13>13.</OPTION>
275 <OPTION VALUE=14>14.</OPTION> <OPTION VALUE=15>15.</OPTION>
276 <OPTION VALUE=16>16.</OPTION> <OPTION VALUE=17>17.</OPTION>
277 <OPTION VALUE=18>18.</OPTION> <OPTION VALUE=19>19.</OPTION>
278 <OPTION VALUE=20>20.</OPTION> <OPTION VALUE=21>21.</OPTION>
279 <OPTION VALUE=22>22.</OPTION> <OPTION VALUE=23>23.</OPTION>
280 <OPTION VALUE=24>24.</OPTION> <OPTION VALUE=25>25.</OPTION>
281 <OPTION VALUE=26>26.</OPTION> <OPTION VALUE=27>27.</OPTION>
282 <OPTION VALUE=28>28.</OPTION> <OPTION VALUE=29>29.</OPTION>
283 <OPTION VALUE=30>30.</OPTION> <OPTION VALUE=31>31.</OPTION>
284 </SELECT><SELECT NAME="Monat">
285 <OPTION VALUE=1>Januar</OPTION> <OPTION VALUE=2>Februar</OPTION>
286 <OPTION VALUE=3>März</OPTION> <OPTION VALUE=4>April</OPTION>
287 <OPTION VALUE=5>Mai</OPTION> <OPTION VALUE=6>Juni</OPTION>
288 <OPTION VALUE=7>Juli</OPTION> <OPTION VALUE=8>August</OPTION>
289 <OPTION VALUE=9>September</OPTION> <OPTION VALUE=10>Oktober</OPTION>
290 <OPTION VALUE=11>November</OPTION> <OPTION VALUE=12>Dezember</OPTION>
291 </SELECT><SELECT NAME="Jahr">
292 <OPTION VALUE=1990>1990</OPTION> <OPTION VALUE=1991>1991</OPTION>
293 <OPTION VALUE=1992>1992</OPTION> <OPTION VALUE=1993>1993</OPTION>
294 <OPTION VALUE=1994>1994</OPTION> <OPTION VALUE=1995>1995</OPTION>
295 <OPTION VALUE=1996>1996</OPTION> <OPTION VALUE=1997>1997</OPTION>
296 <OPTION VALUE=1998>1998</OPTION> <OPTION VALUE=1999>1999</OPTION>
297 <OPTION VALUE=2000>2000</OPTION> <OPTION VALUE=2001>2001</OPTION>
298 <OPTION VALUE=2002 SELECTED>2002</OPTION> <OPTION VALUE=2003>2003</OPTION>
299 <OPTION VALUE=2004>2004</OPTION> <OPTION VALUE=2005>2005</OPTION>
300 <OPTION VALUE=2006>2006</OPTION> <OPTION VALUE=2007>2007</OPTION>
301 <OPTION VALUE=2008>2008</OPTION> <OPTION VALUE=2009>2009</OPTION>
302 <OPTION VALUE=2010>2010</OPTION>
303 </SELECT><INPUT TYPE="submit" VALUE="Dieses Datum anzeigen">
304 </td>
305 </tr>
306 </FORM>
307 </table>
308 </body>
309 <% session("tanswer") = "%>
310

```