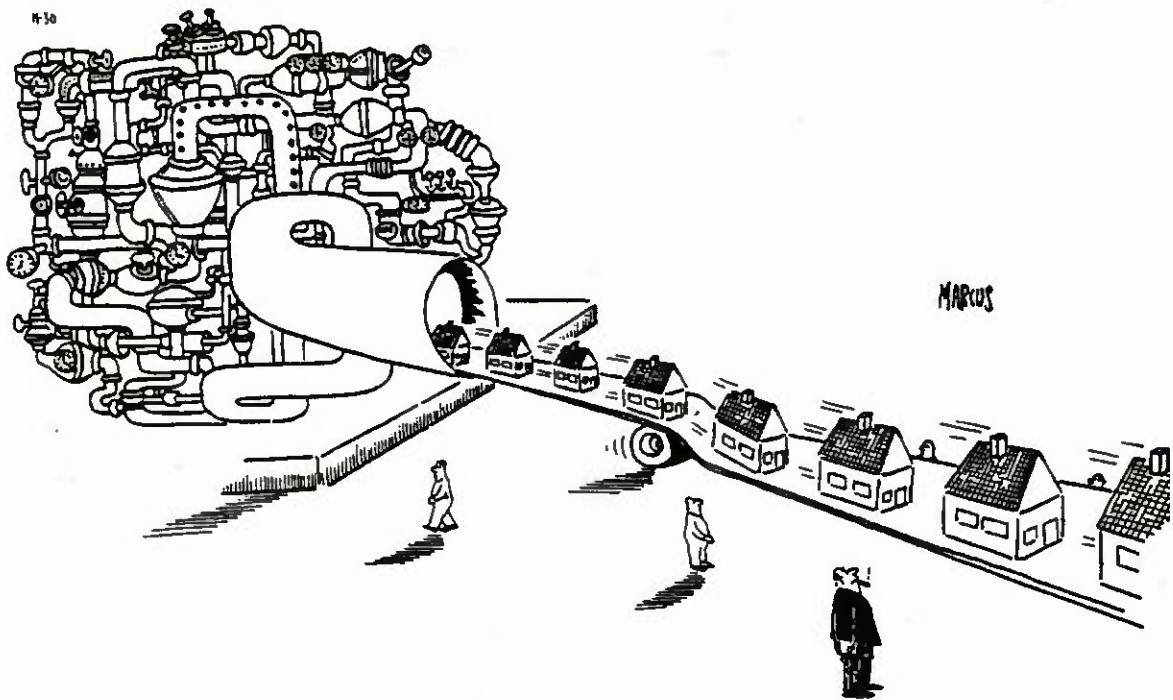


Internationale Robotikrecherche

Analyse der Roboterfertigungsmethoden im Holzhausbau

Stand der Technik und Potentiale



Internationale Robotikrecherche

Analyse der Roboterfertigungsmethoden im Holzhausbau

Stand der Technik und Potentiale

eine Studie
im Auftrag der

DGfH Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V.
Bayerstraße 57 – 59
80335 München

erstellt vom

Lehrstuhl für Baurealisierung + Bauinformatik
Prof. Dr. Ing. / Univ. Tokio Thomas Bock
Dipl. Ing. Albrecht Hanser

Fakultät für Architektur
Technische Universität München
Arcisstraße 21
80333 München

02.09.98

Inhalt

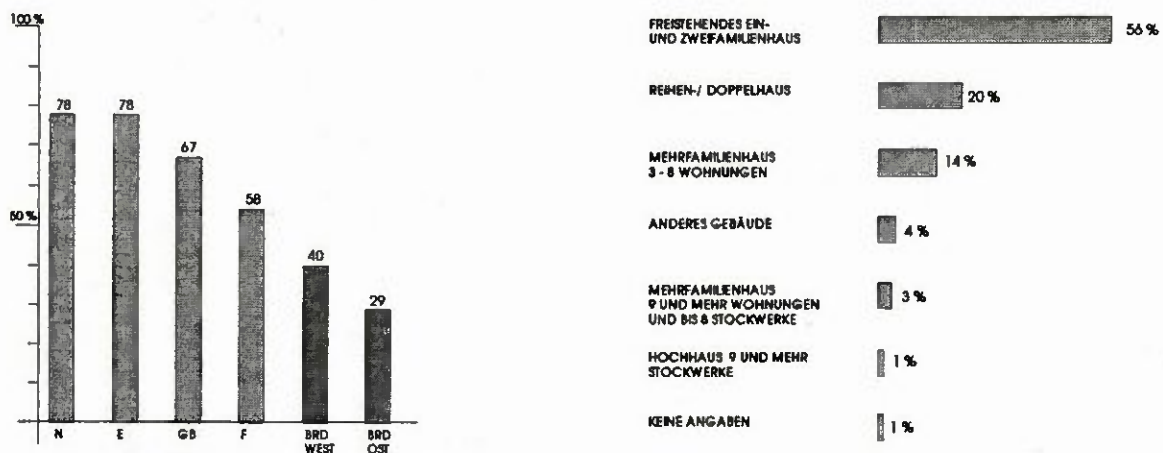
- 1 Einleitung** Seite 3
- 2 Marktübersicht** Seite 5
 - Skandinavien
 - Nordamerika
 - Japan
 - Deutschland
- 3 Exkurs in den Massivbau** Seite 15
 - Dänemark
 - Niederlande
- 4 Exkurs in den Stahlbau** Seite 18
 - Japan
- 5 Entwicklungspotentiale** Seite 21
 - Maschinentechnik
 - Datenfluß
 - Integrierte Produktplanung
 - Produktion
 - Produkt
 - Wirtschaftlichkeit
 - Firmenpolitik
- 6 Vorschläge zur Weiterentwicklung** Seite 27
- 7 Zusammenfassung** Seite 28
- 8 Literatur / Foto / Grafik** Seite 30

1 Einleitung

Bauen in Deutschland ist teuer; nach wie vor oft zu teuer. Um ein Eigenheim zu erwerben braucht eine deutsche Familie durchschnittlich 9 Jahreseinkommen d.h. sie muß doppelt so viel sparen und investieren wie ihre holländischen oder englischen Nachbarn.

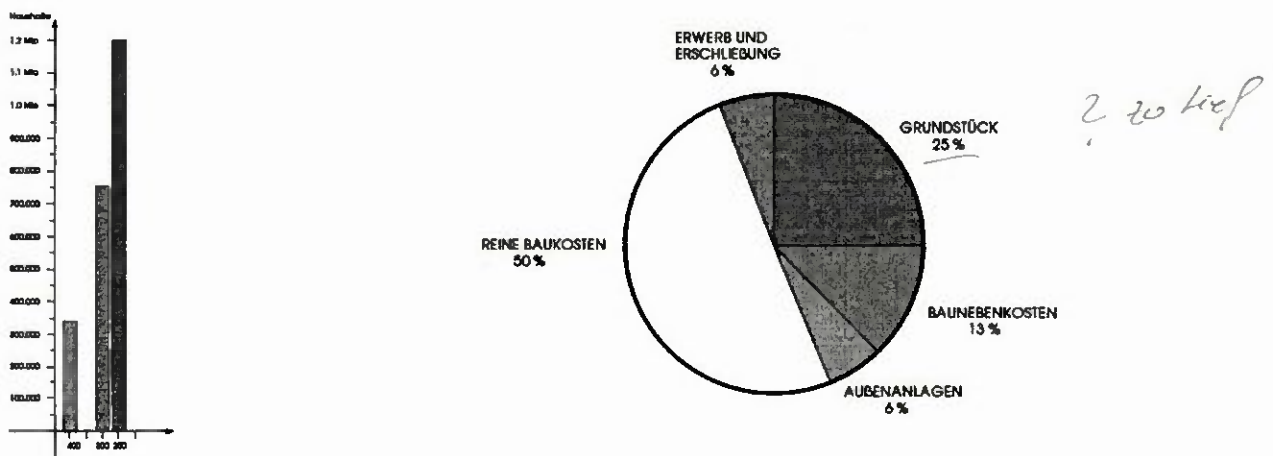
Die Wohneigentumsquote ist hierzulande mit im Westen knapp 40% und im Osten 29% entsprechend gering. Dabei besteht ein beträchtlicher Bedarf, vor allem an freistehenden Ein- und Zweifamilienhäusern. Bis zu 80% aller Haushalte würden Wohneigentum anstreben, sähen sie sich nicht exorbitanten Bodenkosten sowie hohen Baukosten konfrontiert.

Je günstiger die Gesamtkosten (incl. Grundstück und Baunebenkosten) eines Objektes desto größer natürlich die Zahl der potentiellen Bauherrn. Damit einher geht eine beträchtliche Ausweitung des Marktes.



1,2 Wohneigentumsquote, bevorzugte Wohngebäude deutscher Bauherrn

Mehr Bewegungsspielraum als bei den Bodenpreisen ist beim Eigenheimerwerb auf der Seite der reinen Baukosten feststellbar, die mit 50% den größten Kostenanteil darstellen. Eine bereits bestehende Vorfertigung und damit einhergehend einen möglichst großen Arbeitsanteil weg von der Baustelle in die Werkstatt zu verlagern ist ein erster Schritt.



3,4 Eigentümer in Abhängigkeit von den Objektkosten, Kostenverteilung beim Einfamilienhaus

Automatisierte und rationalisierte Produktion und Arbeitsabläufe - wo sinnvoll - können weiter dazu beitragen, die Baukosten deutlich zu senken und damit Wohneigentum einer viel breiteren Bevölkerungsschicht als bisher zugänglich zu machen.

Die vorliegende Studie gliedert sich in zwei Teilbereiche.

Im ersten Teil wird der Stand der Technik, der Ist-Zustand im Holzhausbau in verschiedenen ausgewählten Ländern Europas, Nordamerikas und in Japan aufgezeigt. Dabei kommen auch bereits bestehende und angewandte kostensenkende Faktoren, die z.T. ländertypisch sind, z.T. auch auf unsere Verhältnisse angewendet werden können zur Sprache.

Es schließt sich ein kleiner Exkurs in den Massiv- und Stahlbau an, da unserer Meinung nach auch Konstruktionsprinzipien und Vorgehensweisen aus diesen Bereichen für den Bau in Holz von Bedeutung sein können.

Der zweite Teil befaßt sich mit den zukünftigen Möglichkeiten und Entwicklungspotentialen unter dem Aspekt der Automatisierung und Roboterfertigung im Holzhausbau. Wo notwendig haben wir es für sinnvoll erachtet nach Betriebsgrößen in Klein-, Mittel- und Großbetriebe zu unterscheiden.

Sowohl bei der Betrachtung des Ist-Zustandes in Deutschland als auch bei den Ausführungen zu den Entwicklungspotentialen sind die Erfahrungen aus Besichtigung und Gespräch mit den einzelnen Arbeitskreisteilnehmern eingeflossen.

2 Marktübersicht (Ist-Zustand / Stand der Technik) in Europa, Nordamerika, Japan

Skandinavien

Fertigungsarten

Das Holzhaus als Eigenheim hat in Skandinavien eine lange Tradition. Durchschnittlich 80% der Ein- und Zweifamilienhäuser werden z.B. in Norwegen in Holz gefertigt. Skandinavische Holzhäuser sind in der Regel nicht unterkellert und meist ein- oder zweigeschoßig geplant. Der Raum zwischen Planum und Erdgeschoßboden (Kriechboden) dient der Verlegung der Grundleitungen. Aufgehende Wände werden meist in Holztafelbauweise geliefert, allerdings mit unterschiedlichem Vorfertigungsgrad; die Ausführung der Decken erfolgt meist als Holzbalkenlage mit entsprechendem Aufbau. Der Dachstuhl wird zimmermannsmäßig aufgeschlagen, wobei meist eine Binderkonstruktion (Nagelplattenbinder, Fachwerkbinder) oder Doppel-T-Träger mit Vollholzflanschen und Spanplattenstegen zum Einsatz kommt.

Bestehende Faktoren, die kostengünstiges Bauen ermöglichen

- Bauland: günstige Bodenpreise von durchschnittlich 8% der Gesamtbaukosten (in Deutschland ca. 25%).
- Baukosten: aufgrund u.a. der meist schlichten Architektursprache, einfacher konstruktiver Details und rationeller Produktion liegen die reinen Baukosten z.B. in Norwegen bei ca. DM 1000.- bis 1500.- im einfachen Standard, bis DM 1700.- in gehobener Ausführung jeweils pro m² Nutzfläche.
- Produktivität: Ende der achtziger Jahre führte ein massiver Einbruch der skandinavischen Bauwirtschaft zu erheblichen Rationalisierungsmaßnahmen. In 1988 produzierte ein Beschäftigter der Holzbauindustrie (incl. Verwaltung, Vertrieb und Planung) ca. 2,5 Häuser pro Jahr, in 1991 bereits ca. 4,3 Häuser und Jahr (in Deutschland ca. 1 Haus pro Beschäftigter und Jahr).
- zusätzliche Baustoffe: aufgrund fast immer gleicher Konstruktionen (z.B. Holzständertiefe, -abstand) hat sich die Zulieferindustrie maßlich diesen Konstruktionen angepaßt (z.B. abgestimmte Dämmstoffdicke, -breite).



5,6 sichtbare Leitungsführung im skandinavischen Holzhaus

- weniger hoher **Ausstattungsstandard**: in Skandinavien ist es durchaus üblich, Leitungen für Elektro und Heizung sichtbar zu führen bzw. die Leitungen in einem Sockelleistenkanal zu verlegen.
- **Vertragswesen**: das gegenseitige Vertrauen aller am Bau Beteiligten ist in Skandinavien stark ausgeprägt. Viele Verträge werden mündlich geschlossen, bei uns übliche Bauprotokolle jeglicher Art sind eine Ausnahme. Dieses Vorgehen spart Zeit, Kosten und oftmals auch Nerven.

Nordamerika

Fertigungsarten

Amerikanische und Kanadische Holzhäuser werden zu 90% in der „timber frame“- Bauweise erstellt (auch „two by four“- Bauweise). Der Oberbegriff „timber frame“ faßt das am häufigsten verwendete „platform framing“ (geschoßhohe Holztafelkonstruktion, Holzbalkendecken, Holzbalkendach) und das eher selten benutzte „balloon framing“ (haushohe Holztafelkonstruktion mit dazwischen gehängten Holzbalkendecken) zusammen.

Bestehende Faktoren, die kostengünstiges Bauen ermöglichen

- **Produkt**: es kommen nur wenige einheitliche, ganz gehobelte und bereits auf Normlängen geschnittene Querschnitte für sämtliche Bauteile der Haustragkonstruktion zur Anwendung (Querschnitte 2x4, 2x6,...2x14 Inch = 5x10, 5x15 cm). Diese werden farblich nach Querschnitt gekennzeichnet auf die Baustelle geliefert.
- **Fertigung**: meist ungelernete Arbeiter nageln oder schießen von Hand die einzelnen Querschnitte zu Wandelementen zusammen. Enge Achsabstände von ca. 30 bis 60 cm sind die Regel. Die Aussteifung der Wandelemente erfolgt über eine aufgenagelte Beplankung mit Holzwerkstoffplatten. Die Arbeit ist meist ohne Montagegerüst möglich, da das geschoßweise Bauen des „platform framing“ jeweils mit der Geschoßdecke gleich die nächste Arbeitsebene darstellt. Ein Kran wird nicht benötigt. So ist es sogar möglich einzelne Geschoße zu beheizen.



7.8 Platform framing im Bau, amerikanische Zimmerleute (framer)

- zusätzliche Baustoffe: genormte Aussteifungsplatten der Größe 8x4 Fuß = 244x122 cm für verschnittfreies Arbeiten. Nach dem Plattenmaß richtet sich sowohl die Geschosshöhe als auch die Wandlänge, die Tür und Fensterausschnitte. Diese Konstruktion erfordert keinen Raster der Stiele (wo statisch notwendig werden z.B. einfach zwei Stiele nebeneinander gestellt), ist daher sehr flexibel bezüglich einer Veränderbarkeit und auch sehr bauherrenfreundlich bezüglich notwendiger Reparaturen.
- neben der reinen Baustellenfertigung sind teilvorfabrizierte Häuser die vom Grad der Vorfertigung unseren Fertighäusern entsprechen am Markt.
- gänzlich vorgefertigte Häuser oder Haushälften als Serienprodukt werden an wenigen Standorten produziert, sind aber aufgrund des sehr günstigen Transportes in den USA eine Alternative. Ihr Marktanteil steigt.
- Mentalität amerikanischer Bauherrn: Amerikanische Bauherren betrachten das Eigenheim als Gebrauchsgegenstand, d.h. aufgrund berufsnotwendiger Mobilität wird alle 6 bis 10 Jahre das Haus gewechselt. Dabei versuchen sie das Haus mit entsprechendem Gewinn zu verkaufen um ein neues hochwertigeres Haus an anderer Stelle bauen oder kaufen zu können. So entsteht eine Kette vom kleinen preisgünstigen Haus – auch wegen der niedrigen Bodenpreise bereits in jungen Jahren erworben – zum großen, hochwertigeren Eigenheim in gesetzterem Alter. (im Gegensatz dazu bauen deutsche Bauherren in der Regel nur einmal.)

Japan

Fertigungsarten

Das japanische Wohnhaus ist traditionell ein Holzhaus. Vor allem auf dem Land werden jährlich ca. 600000 bis 700000 Holzhäuser errichtet, davon ca. 550000 nach der post + beam Bauweise (precut Methode), ca. 70000 in Raumzellenbauweise (meist Hausfabriken) und ca. 40000 nach der amerikanischen platform framing Bauweise. Über das ganze Land gesehen beträgt der Holzhausanteil an den Neubauten ca. 40 bis 50%, d.h. Japan hat ca. 1.5mio Baubeginne jährlich.

Traditionelle "post + beam" Bauweise

Das traditionelle japanische Haus wurde vom Daikusan oder Zimmerer in Holzbauweise errichtet. Nach einer 10 jährigen Ausbildung durfte man sich in Japan Zimmermann nennen. Beim herkömmlichen Holzbau in Japan handelt es sich um eine Fachwerkbauweise – auch post + beam Bauweise genannt - die aus Flexibilitätsgründen bei Erdbeben nicht mit Diagonalen ausgesteift wurde. Der Zimmerer fertigte die nötigen Holzbauteile und Verbindungsteile von Hand und fügte sie vor Ort zusammen. Er riß das Fachwerk auf, wählte das geeignete Holz und die passende Konstruktion aus. Die Holzverbindungssteile zeichneten sich durch eine komplexe dreidimensionale Geometrie, besondere Montagesequenzen und Elastizität in den Tragwerksverbindungen aus.

Der nächste Entwicklungsschritt im traditionellen Holzbau war die von Verwendung von Bohr-, Fräs- und Sägemaschinen, die oft in der Hand gehalten werden konnten und mit deren Hilfe die Holzbauteile vor Ort zugeschnitten werden konnten.

Raumzellenbauweise

Eine Alternativentwicklung zum traditionellen Japanischen Holzbau war der Fertighausbau in Holzbauweise. Ein japanischer Chemiekonzern entwickelte ein Fertighausssystem in

Raumzellenbauweise. Als Bauherr kann man in einem sogenannten Showroom mit Hilfe der "virtuellen Realität" (3D Computersimulation in Echtzeit) das Traumhaus erleben und auch gleich die Finanzierungsmöglichkeiten vorschlagen lassen. Wenn dem Bauherrn der Entwurf gefällt und die Finanzierung paßt, dann kann er das Haus in Auftrag geben und ca. 40 Tage später bereits einziehen.

Das Just In Time Produktionssystem funktioniert im 4 Tagesrhythmus, wobei 1 Tag für die Auftragsvergabe an den Zulieferer und für die Arbeitsvorbereitung beim Zulieferer, 2 Tage für die Herstellung und 1 Tag für die Auslieferung veranschlagt sind.

Der Computer zeigt den CAD Fundamentplan, den CAD Tragwerksplan und die CAD Perspektive für die CAM Arbeitsvorbereitung.

Nach erfolgter CAD gestützter Arbeitsvorbereitung beginnt die Bodenplattenfertigung gefolgt von der Wandtafelfertigung und deren Zusammenbau zu einer Raumzelle. Die Raumzelle wird je nach Funktion zum Beispiel zu einer Küche ausgebaut und dann der Fertigungsendkontrolle unterzogen.



9,10 Bodenplatte, Küchenausbau, Raumzellenzusammenbau in der Fertighausfabrik

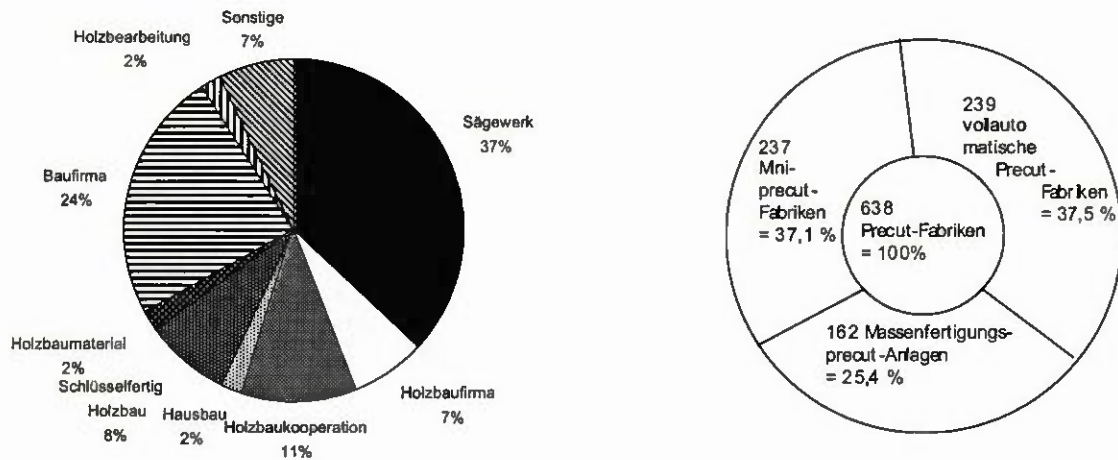
Auf der Baustelle werden die nötigen Raumzellen auf dem vorbereiteten Fundament in ca. 4-6 Stunden zu einem ca. 120 qm großen Haus montiert. Der hiermit erreichte Vorfertigungsgrad beläuft sich auf ca. 85%. So eine Fertighausfabrik stößt ca. 5000 - 10000 Häuser aus. Damit sich dieser anlagenintensive Betrieb lohnt ist ein Mindestumsatz von 1-2 Milliarden DM je Fabrik nötig. Die 7 Fabriken der erfolgreichsten Fertighausfirma Japans haben zusammen einen Jahresumsatz von ca. 15 Milliarden DM und stellen ca. 60000 bis 70000 Häuser jährlich her.



11,12 Raumzellenmontage vor Ort; "Probepassung" im Werk

Die "Precut" Bauweise (automatisierte und robotergerechte „post +beam“ Fertigung)

Auf Grund der überwiegend kleinteiligen Struktur der Bauindustrie (Kapital- und Umsatzschwäche), des Facharbeitskräftemangels, der steigenden Baunachfrage und der weitverbreiteten Verwendung von Computern (PC's) wurde die Precut Baumethode in Japan entwickelt.



13,14 Firmen, die Precut - Technologien einsetzen; Anzahl der Fabriken mit CAD/CAM - Technologie

Die erste Precut Maschine kam 1975 auf den Markt. Zu dieser Zeit jedoch war die Computertechnologie noch nicht weit genug entwickelt und somit wurden bis 1980 nur vereinzelte Precut Maschinen installiert und weiterverbessert. Das größte Problem dieser 10-jährigen Entwicklungsphase waren die Planungs- und Konstruktionsfehler, die dann zwangsläufig vom Maschinenbediener in die Precut Maschine übertragen wurden. Der Maschinenbediener vertraute den Planungsunterlagen und programmierte entsprechend den Planungsunterlagen, die oft fehlerhaft waren, die Precut Maschine. Außerdem wurden noch Aufrißfehler, Bearbeitungsfehler und Holzmaterialauswahlfehler gemacht, aber die größte Fehlerursache waren Planungsfehler (70%). Dieses Problem hatten die japanischen Zimmerer früher nicht, da sie selbst planten und bauten. Aber nun gab es fast keine jungen Leute mehr, die Zimmermann werden wollten.

Daher entwickelten die Precut Maschinenproduzenten ab 1980 sogenannte CAD- Systeme, um die Planungsdaten in den Computer einzugeben und ihre Baubarkeit für die Arbeitsvorbereitung zu überprüfen. Nachdem diese Daten am CAD überprüft wurden, wurden die Daten in die Precut Maschine eingegeben. Seit 1985 wurde die Software weiter zu einem CAD/CAM System entwickelt und damit wurden die Planungs-, Programmierungs- und Bearbeitungsfehler weitgehend reduziert. Mit diesem CAD/CAM Precut System war das ursprüngliche Entwicklungsziel erreicht. Das einzige Problem, das nun noch vorhanden ist, ist die richtige Materialauswahl und die entsprechende material- und konstruktionsgerechte Holzbearbeitung. Wenn z.B. ein Träger gebraucht wird, so kann das CAD/CAM System den oder die geeigneten Träger noch nicht automatisch auswählen. Die Produktivität gegenwärtiger CAD/CAM Precut Systeme ist ca. 30 mal so hoch wie die der herkömmlichen Zimmerei bzw. 1 Precut Anlage ersetzt 30 Zimmerer. In einer Precut Fabrik arbeiten 1-2 Personen an einer Fertigungsstrasse, die ca. 120 bis 200 qm Boden- / Wandfläche täglich herstellt. Die Anzahl der Fabriken, die sich der CAD/CAM Technologie bedienen, nahm ab 1985 schlagartig zu und ebenso die Anzahl der mit dieser Baumethode hergestellten Häuser.

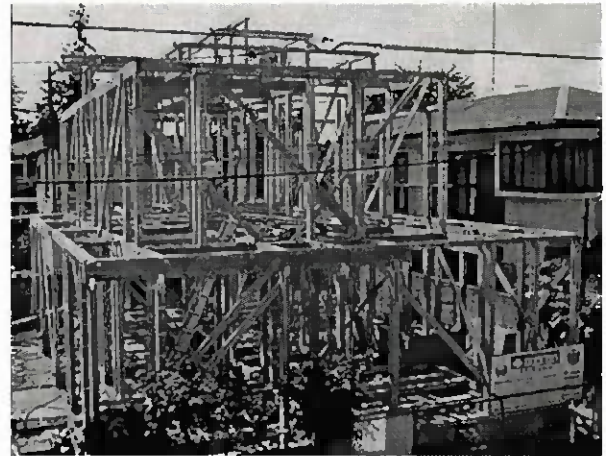
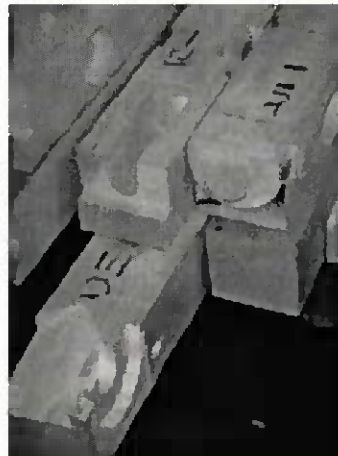
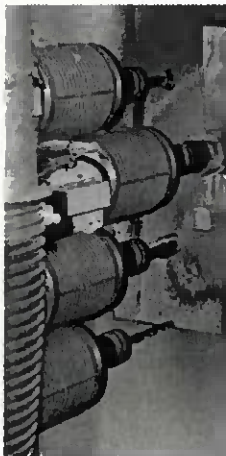
Produktivität einer Precut Anlage

Bei einer Kapazität von 720 Häusern / p.a.- Anlage (teilautomatisch) belaufen sich Arbeitskosten, Bearbeitung, Programmierung etc. für 4 Facharbeiter (manuelles Aufreißen), 10 Hilfsarbeiter und 2 Teilzeitarbeitskräfte bei 100%-iger Auslastung jährlich auf ca. 2 mio DM Gesamtkosten (Abschreibung inkl. Grundstück 25000 m² Halle etc). Daraus ergeben sich Precut Materialkosten von 3000.- DM je Haus (100-120 m²). Ab 60-70% Auslastungsgrad lohnt sich in diesem Fall die Investition in eine CAD/CAM Precut Anlage. Grundsätzlich müssen kleinere CAD/CAM Precut Anlagen, die z.B. nur 360 oder weniger Häuser p.a. herstellen einen höheren Auslastungsgrad von bis zu 100% haben als größere, die z.B. 720 und mehr Häuser p.a. herstellen, und somit bereits ab 75% Auslastungsgrad dieselbe Produktivität von 3450.- DM/Haus (Holzkostenanteil) erreichen. Eine vollautomatische CAD/CAM Precut Anlage ist im Augenblick noch nicht produktiver als eine teilautomatische, da die Maschinenkosten fast 70% höher sind. Der Vorteil in der vollautomatischen Anlage liegt vielmehr in der höheren und kontinuierlichen Produktionsqualität, was zu geringeren Nacharbeitungskosten führt.

Funktionsweise der CAD/CAM Precut Anlage

Die Architektenpläne werden in das CAD System eingegeben und der Fachwerkplan wird erstellt. Danach werden die Maschinendaten automatisch generiert. Diese Daten können online oder per Floppy Disc an die Fertigungsstraße übergeben werden. Das frühere Aufreißen ist überflüssig geworden. Der Aufriß resultierte in vielen Ausführungsfehlern und außerdem war das Aufreißen sehr zeit- und lohnintensiv. Der nächste Entwicklungsschritt wird die automatische Fachwerkerstellung und -auflösung und Verbindungsartauswahl ausgehend von den CAD sein.

In Zukunft wird der Vorfertigungsgrad von linearen Precut Bauteilen zu flächigen Precut Elementen erweitert werden. Damit wird die Wertschöpfung im Precut Betrieb erhöht und der frühere Zimmereibetrieb wandelt sich allmählich zum CAD/CAM Holztafelhersteller.



15,16,17 CAD/CAM Precut Maschine; Transportpaket von Precut Bauteilen; ein aufgeschlagenes Precut Haus

Zusammenfassung

Die Einführung der CAD/CAM Technologie führt nicht nur zur Erhöhung der Produktivität, sondern verbessert insgesamt alle planerischen und baubetrieblichen Abläufe.

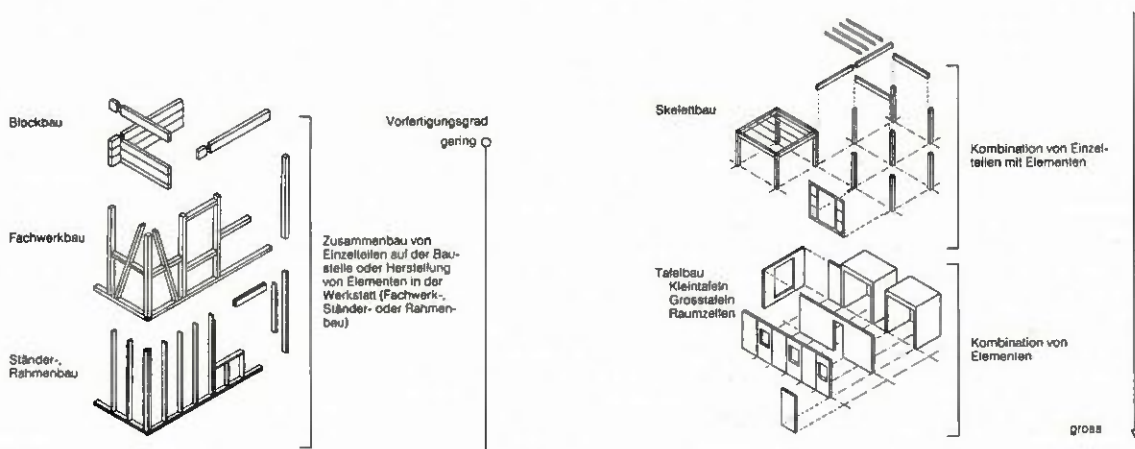
Voraussetzung für die erfolgreiche Implementierung der CAD/CAM Precut Technologie ist ein Redesign- bzw. Reengineering Prozeß, der basierend auf einer Schwachstellenanalyse alle planerischen und produktionstechnischen Abläufe CAD/CAM-gerecht aufarbeitet. Abschließend kann angeführt werden, daß die CAD/CAM Precut Technologie den kleinen und mittleren Betrieben die Chance bietet auch noch im 21. Jahrhundert, trotz hohem Lohnkostenanteil gegenüber größeren und finanzkräftigeren Firmen wettbewerbsfähig zu bleiben.

Deutschland

Der Marktanteil des Holzbaus in Deutschland ist sehr gering. So liegt dieser im Bereich der Einfamilienhäuser in 1997 bei 14%. Angestrebt wird eine Ausweitung auf 25% des Marktes. Die Fertighausindustrie, die in einem hohen Maße in Holzbauweise arbeitet, deckt in den alten Bundesländern einen Anteil von 8%, in den neuen Bundesländern immerhin 25% der neuen Genehmigungen im Einfamilien- und Zweifamilienhausbereich ab.

Fertigungsarten

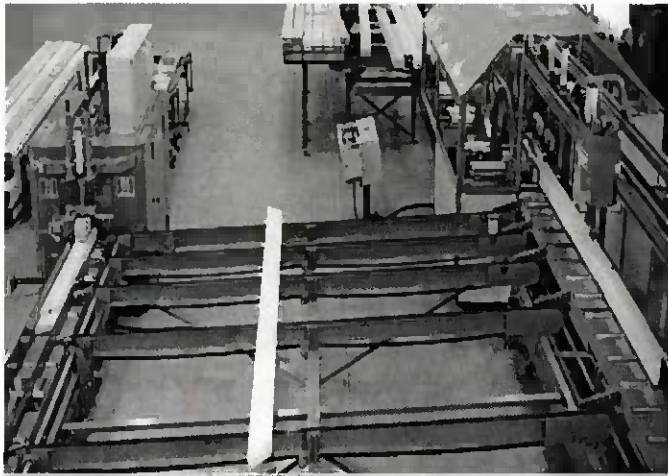
Beim Holzbau in Deutschland wird in fast allen gängigen Systemen mit mehr oder weniger entwickelten Vorfertigungsmethoden gearbeitet. Gängige Systeme sind der Blockbau, der Fachwerkbau, der Holzständer- oder -rahmenbau, der Holzskelettbau, der Holztafelbau und der Bau mit Raumzellen aus Holz. Die Konstruktionsprinzipien dieser Systeme sind hinlänglich bekannt und nicht Gegenstand dieser Untersuchung.



18,19 Holzbausysteme nach dem Grad der Vorfertigung

Blockbau, Holzskelettbau, Holzrahmenbau

Beim traditionellen Blockbau, dem Holzskelettbau und dem Holzrahmenbau nach amerikanischem Vorbild beschränkt sich der Grad der Vorfertigung auf die Herstellung stabförmiger Bauteile für Wand, Decke und Dach. Gut funktionierende und bewährte CNC-gesteuerte Abbundanlagen stehen hier seit einigen Jahren zur Verfügung. Sie zeichnen sich durch eine hohe Leistungsfähigkeit und einen relativ geringen Programmieraufwand aus. In der Regel können sie direkt aus EDV-Programmen heraus angesteuert werden.



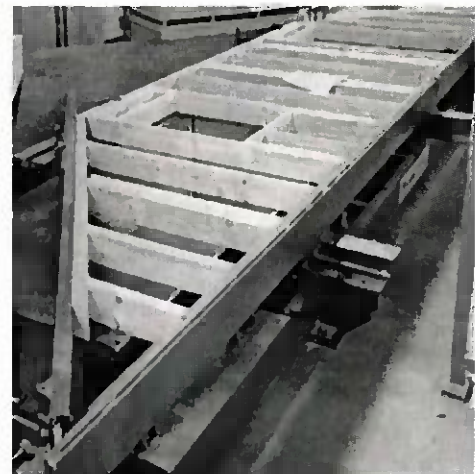
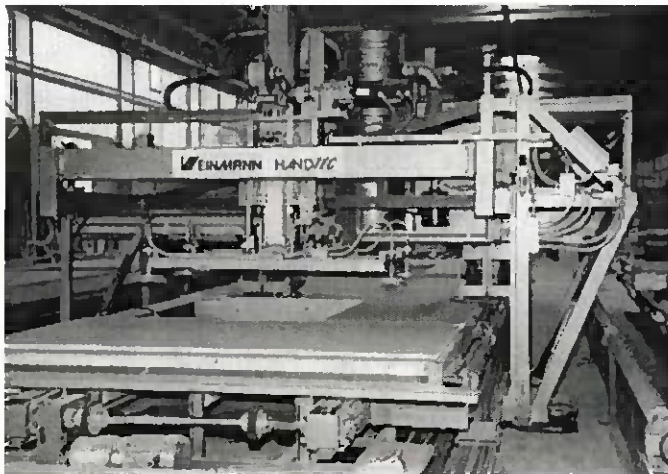
20,21 CNC gesteuerte Abbundanlage, intelligente Mehrprozessorsteuerung

Holzrahmenbau, Holztafelbau

Der Holztafelbau erlaubt die Vorfertigung flächiger Bauteile. Neben der zur Aussteifung aufgebrachten Ständerbeplankung können sämtliche weitere Schichten einer Wandkonstruktion (außenseitig: Wetterhaut mit Unterkonstruktion, Windsperre; innenseitig: Wärmedämmung, Dampfbremse, innere Beplankung) sowie Fenster und Türen, notwendige Installationsleitungen bereits im Werk montiert werden. Auch für Decken- und Dachelemente sind jeweils getrennte Produktionsstraßen zur Vorfertigung möglich.

Neben den oben bereits erwähnten CNC gesteuerten Abbundanlagen kommen weitere Automaten wie Nagelbrücke und Autotacker zum Einsatz. Eine automatische Tischlängenoptimierung - d.h. bis zu drei Bauvorhaben laufen in der Fertigung parallel, das System errechnet die wirtschaftlichste Belegung der zur Verfügung stehenden Arbeitstischlänge von bis zu 12 Metern - ist Stand der Technik.

Vornehmlich die Großbetriebe der Fertighausindustrie arbeiten nach diesem System.



22,23 Multifunktionsbrücke, Giebelfertigungstisch

Raumzellen

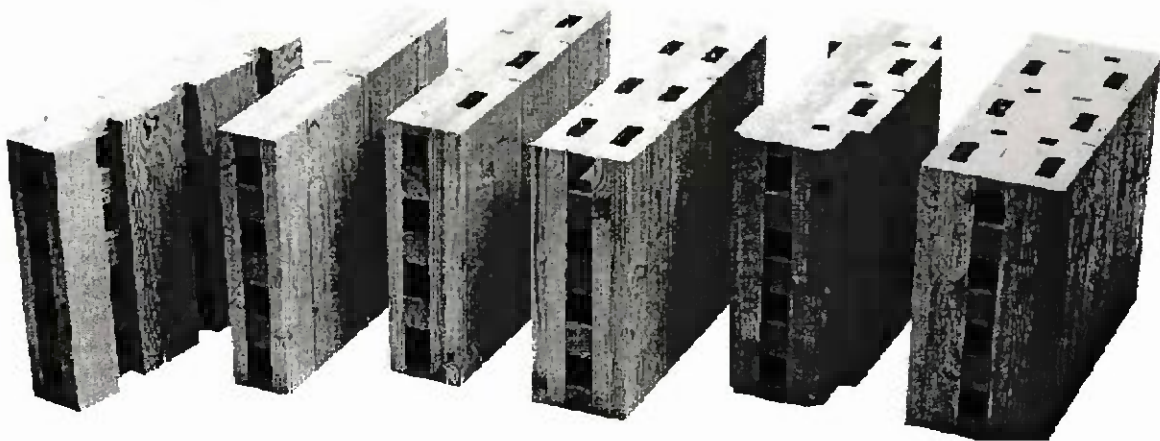
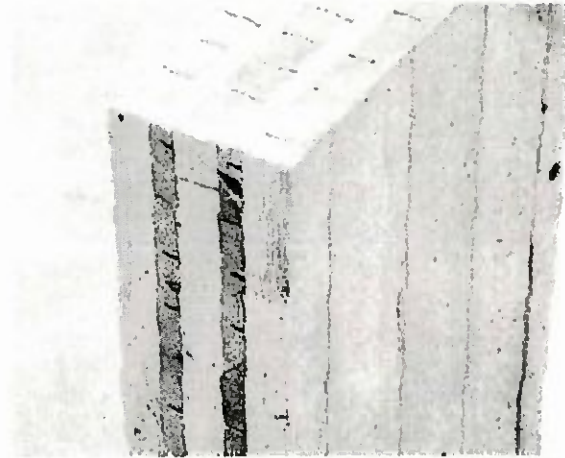
Ein weiterer Schritt ist die konstruktive Verbindung von flächigen Wand-, Boden- und Deckenbauteilen zur Raumzelle. In Holzbauweise ist diese in Deutschland jedoch wenig verbreitet. Die notwendige Eigensteifigkeit oder die eingeschränkte Zellengröße jeweils aus Transportgründen sind hierfür wohl der entscheidende Faktor.

Junge Entwicklungen: „Neuer Blockbau“

Unter dem Begriff „neuer Blockbau“ werden Wand-, Decken- und Dachkonstruktionen in Massivholzbauweise verstanden. Es sind dies u.a. Brettstapelelemente, Brettschichtholzelemente, Dickholzelemente und Holzblocktafeln. Charakteristisches Merkmal der „neuen Blockbau-Elemente ist das maschinelle Verleimen und/oder Nageln (Brettstapel) stabförmiger Bauteile, meist gehobelter Bretter zu großen flächigen Massivkonstruktionen.

Mit Ausnahme von Dickholz werden die Elemente geschoßhoch hergestellt, ihre Länge erstreckt sich meist über einen Raum oder über das ganze Haus je nach Transportmöglichkeit.

Da diese Bauweisen für Wand, Decke und Dach noch recht jung sind (altbekannt ist z.B. Brettschichtholz als stabförmiger Träger) sind die Vorfertigungsmöglichkeiten in diesem Bereich sicherlich noch nicht ausgeschöpft.

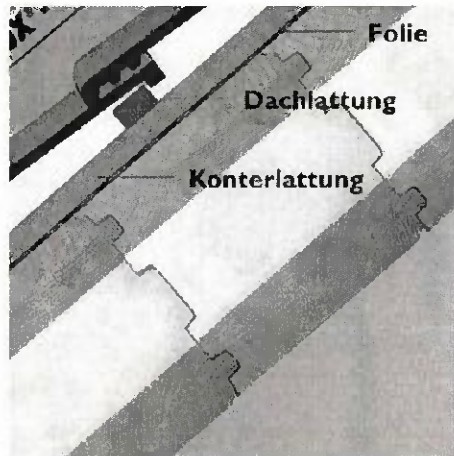


24,25,26 Brettstapel-, Dickholz- und Holzblocktafel - Elemente

Weiters sind sogenannte Sandwichkonstruktionen für Wand und Dach auf dem Markt. Die selbsttragenden Elemente bestehen aus einem Vollholz- (meist Bohlen mit Nut und Feder) oder Spanplattenmantel der mit der dazwischenliegenden Wärmedämmung vollflächig verklebt ist. Ihr Marktanteil ist gering.

Im Dachbereich sind Fertigelemente unterschiedlichster Ausprägung am Markt, so u.a. Doppel T Tragkonstruktionen mit zwischenliegender selbsttragender Dämmung oder steckbare Verbundsysteme aus Sparren und Dämmung.

Als Alternative zu Stiel, Balken und Sparren sind Doppel T Elemente mit Vollholzflanschen und Span- oder Blechstegen denkbar. Diese Träger werden endlos gefertigt.



27,28 selbsttragende Dachfertigelemente

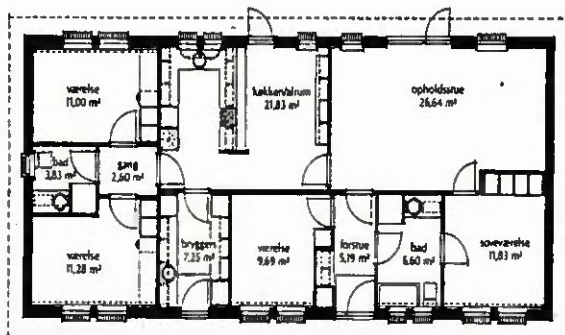
3 Exkurs in den Massivbau

Dänemark

Fertigungsarten

Dänische Wohnhäuser zeichnen sich durch eine schlichte, geradlinige Architektur aus und sind meist eingeschößig, ein Keller findet sich selten. Meist werden Typenhäuser mit ca. 100 bis 140 m² Wohnfläche angeboten. Dabei kommen fast immer vorgefertigte Leichtbetonwände und -decken/-bodenplatten, für das Dach vorgefertigte Dachelemente zum Einsatz.

Die Hausaufteilung gliedert sich in den Elternteil und den Kinderteil; dazwischengeschaltet als gemeinsamer Kommunikationsbereich liegen die Gemeinschaftsräume. Das Haus kann dadurch flexibel auf Nutzungsänderungen reagieren, z.B. schafft ein zweiter Eingang die Möglichkeit einen Hausteil separat zu vermieten.



Wortklärung			
værelse	Zimmer	køkken/alm	Wohnküche
bad	Bad	forstue	Diele
gang	Flur	opholdsstue	Wohnzimmer
bryggers	Waschküche	soveværelse	Schlafzimmer



29,30 typisch dänischer Wohnungsgrundriß und Wohnhaus

Von staatlicher Seite sind Kostenobergrenzen für die Gesamtbauerstellung eingeführt. Diese liegen bei DM 2000.- bis 2300.- je nach Ausstattungsstandard pro m² Nutzfläche; als reine Baukostenobergrenze gelten DM 1500.- pro m² Nutzfläche.

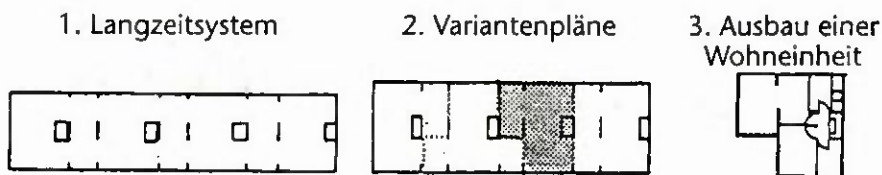
Es gibt in Dänemark keine Bauleitplanung der öffentlichen Hand, d.h. die Gesamtentwicklung aus städtebaulichem Entwurf, Architektur und Bauablauforganisation liegt in einer Hand. Dies hilft unvermeidliche Reibungsverluste zwischen Bauleitplanung und Ausführungsplanung zu verhindern und kann zu Kostenreduzierungen bei der Planung und Ausführung und zu erheblich kürzeren Gesamtbauzeiten führen.

Oben aufgeführte Zahlen sind jedoch nicht uneingeschränkt auf den deutschen Markt übertragbar. Sowohl manche Norm (z.B. höhere Anforderungen an den Wärmeschutz und damit erhöhte Wandstärken in Deutschland), als auch eine andere Mentalität deutscher Bauherrn (Keller, Zweigeschößigkeit, Dachsonderformen, Erker und Gauben, eher quadratischer Grundriß) erhöhen den Preis der dänischen Typenhäuser für Bauwillige in Deutschland deutlich.

Niederlande

Fertigungsarten

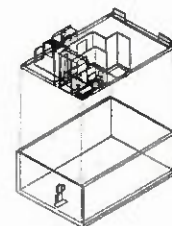
Der niederländische Markt ist geprägt von einer seriellen Bauweise mit großen Einheiten. Erst Kontingente ab 60 Häuser gelten als wirklich wirtschaftlich. Dabei setzt die Niederlande bei der Planung und bei der Bauausführung größerer Gebäude zunehmend auf Systementflechtung. Bereits in der Planung kommt es zur Trennung von Tragsystem und Hülle (Langzeitsystem) und Ausbausystem (Auswechsel-, Erneuerungssystem). Mit den Begriffen Langzeit- und Auswechsel- bzw. Erneuerungssystem wird angedeutet, daß die Gebäudenutzung teilweise verändert werden kann. Die Wohnungseinheit kann bei einem Kundenwechsel bzw. bei neuen Nutzungsbedürfnissen durch Austausch des Ausbausystems vollständig, bei Wechsel einer Kundengruppe teilweise neu gestaltet werden.



31 Planungsmodell

Die Trennung in Teilsysteme macht es möglich, das Langzeitsystem (Tragwerk und Hülle) unabhängig vom Ausbausystem nach den Vorgaben des Bebauungsplans und der LBO zu bauen. Die Kundeneinheit Wohnung wird individuell mit Kunden geplant, modernisiert oder instandgesetzt. Das Ausbausystem wird mit dem Kunden in Mustereinheiten, anhand von Katalogen und am Computer in einer virtuellen Realität entworfen und kurzfristig – in maximal 4 Wochen – realisiert. Es bleibt in sich als Einheit erneuerbar. Für jeden der Teilbereiche haben sich eigene, voneinander unabhängige Märkte entwickelt.

Teilsystem	Kosten	Entwurf Entscheidungsstufe	Lebensdauer	Modernis./ Instands.	Teilmarkt	Rechtswirksamkeit
Tragsystem	50 %	öffentlich/ 1	100 Jahre	1 getrennt	Rohbau mit Teilmärkten	B-Plan
Ausbausystem	50 %	privat/ 2	10-25 Jahre	2 getrennt	Ausbausystem	LBO



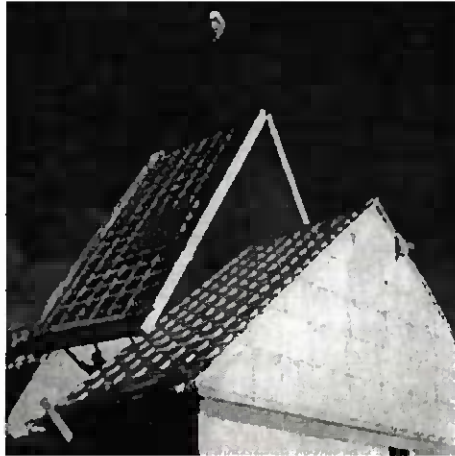
32 Merkmale der Entkoppelung in Teilsysteme

Tragwerk und Hülle

Das Tragsystem hat sich inzwischen im niederländischen Baumarkt teilweise in Subsysteme mit eigenständigem Anbieter aufgelöst. In der Regel wird nach Gründung, Decken und Wände, Dach und Fassade getrennt.

Im Normalfall sind die niederländischen Häuser nicht unterkellert. Es wird ein Planum erstellt, vorgefertigte Stahlbetonrammpfähle gesetzt und über vorgefertigte Balken miteinander zu einem Tragrahmen verbunden. Die Grundleitungen werden in der Hohlraumzone verlegt.

Für Hausserien < 100 Häuser kommen meist vorgefertigte Kalksandsteinschotten mit Hohlkörperdecken oder Fertigteildecken in Beton zum Einsatz, Einheiten > 100 Häuser werden mit sogenannten Tunnelschalungen über Nacht betoniert. Prinzipiell wird keine Haustechnik (Elektro, Sanitär, etc.) in den Wänden und Decken verlegt, weil sonst erhebliche Vorentscheidungen getroffen und damit gegen das leitende Prinzip der Kundennähe und Flexibilität verstoßen würde. Die Dächer werden meist mit sogenannten Fertigdachelementen verschiedenster Ausprägung wirtschaftlich erstellt.



33,34 Klappdachelement; Massivbau mit vorgefertigten Bauelementen

Ausbausysteme:

Die Einbausysteme sollen in Tragwerk und Hülle hineingestellt werden. Da das Ausbausystem vom Tragwerk entkoppelt ist, ist ein eigenständiger Markt für dieses System möglich. Voraussetzung für die Flexibilität ist, daß Ausbau und Haustechnik als Einheit im Ausbausystem verstanden werden, denn eine beliebige Nutzungsumgestaltung gelingt nur, wenn Ausbau und Gebäudetechnik Bestandteil des Erneuerungssystems sind. Bei geschilderter Produktionsentwicklung kann das Erneuerungssystem gleichzeitig ein Produkt für den allgemeinen Modernisierungsmarkt werden.

Für die Erstellung des Einbausystems bietet der Markt mehrere Alternativen: haustechnische Leitungsführung durch Absenkung in der Betondecke im Außenwandbereich. Diese Absenkungen sind zur Vertikalverteilung an Steigschächte angeschlossen. Weiters ist die haustechnische Leitungsführung über Sockelleisten und Vorwandelemente möglich. Auch hier kommen Steigschächte zur Vertikalverteilung zum Einsatz. Konstruktionsprinzip des am häufigsten zur Anwendung kommenden Systems ist ein zehn Zentimeter starker Hohlraumboden zur Leitungsführung. Als Distanz dienen profilierte Kunststoffkörper die nach Leitungsverlegung z.B. mit Fließestrich geschlossen werden. Elektro- und Kommunikationsleitungen werden in einer Hohlsockelleiste unter den nichttragenden Trennwänden geführt (Absenkung im Bereich von Schwellen). Alle Leitungen selber sind entweder gesteckt oder mit wechselbaren Schnellverbindungen bestückt.

Die niederländische Bauwirtschaft setzt mit dieser Konzeption auf Vorfertigung, sowohl im Tragwerk als auch im Ausbau. Der Ausbau hat dabei eine konsumorientierte Zielsetzung mit neuen Marktpotentialen.

4 Exkurs in den Stahlbau

Japan

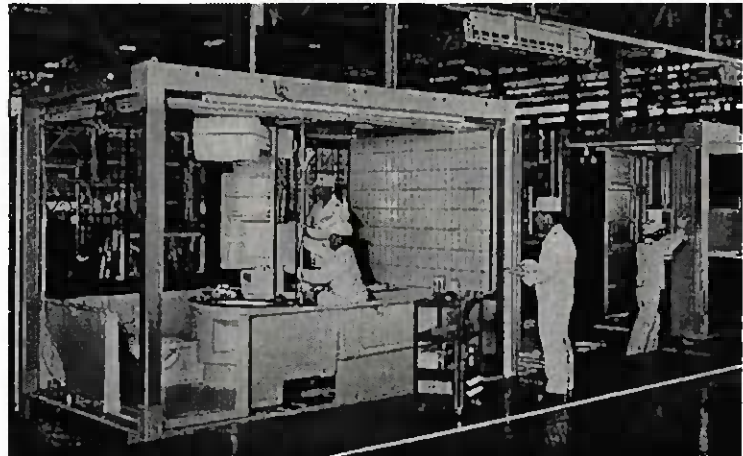
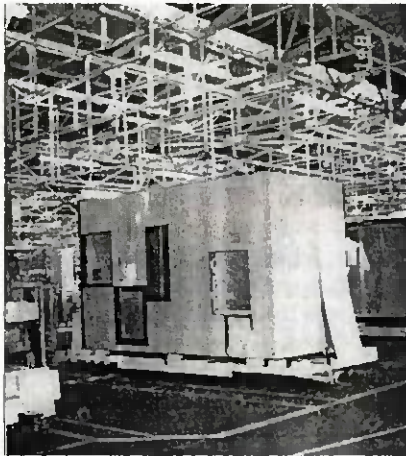
Japanische Stahlhäuser werden entweder in Raumzellenbauweise oder aus vorgefertigten, kleinteiligen Stahlrahmenelementen und vor Ort zusammengesetzt gefertigt.

Raumzellen - das Toyota Produktionssystem

Die Toyota Motor Corporation ist durch ihre Automobile bekannt. Aber sie hat auch drei Fertighausfabriken, in denen sie Fertigungstechnologien aus der Autobranche auf das Bauwesen erfolgreich überträgt. Die Produktivität liegt bei den neuesten Toyota Home Werken bei 4.5 bis 7 Häusern/Personenjahr.

Die Produktion am Fließband läuft nach dem „Andon-System“. Dabei bestimmt der Arbeiter die Bandgeschwindigkeit: Wird er z.B. mit seiner Arbeit nicht fertig, kann er das System auf „gelb“ stellen. Wenn ihm nach 5 Minuten nicht geholfen wird, kann er das Band anhalten und Andon zeigt „rot“ mit der Stationsnummer an. Bei Toyota bestimmt also der Mensch die Fertigungsgeschwindigkeit, nicht die Maschine.

Der Marktpreis eines solchen Fertighauses beträgt ca. DM 1800.- bis 2800.- / m². Ein alten- bzw. behindertengerechtes Haus mit Aufzug, spezieller Küchen- und Sanitäreinrichtung, Home Automation, usw. kostet ca. DM 4500.- / m²

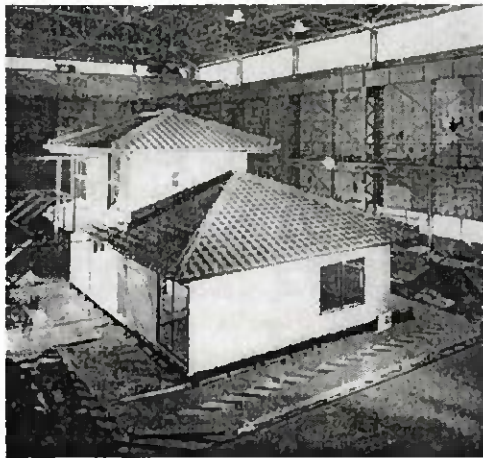


35,36 Raumzelle eines Toyota Hauses, Bad - Endmontage im Werk

Aus 12 verschiedenen Raumzellengrößen wird in 4 bis 6 Stunden ein ca. 120 m² Haus zusammengebaut. Im Werk wird eine Raumzelle im 3- bis 6-Minutentakt vorgefertigt. Der Kunde kann sich sein Traumhaus aus über 350.000 Einzelteilen zusammenstellen. Die rechnergestützte Planung und Ausführung fertigt aus ca. 25.000 Bauteilen ca. 2.000 Bauteilgruppen, woraus ca. 300 Baugruppen als funktionale Einheiten entstehen. Verständlich, daß bei einer so großen Teilevielfalt ohne Rechnerunterstützung Ausführungsfehler entstehen können.

Damit der Kunde bei der großen Wahlmöglichkeit von Pana Homes, eine Fertighausfirma, die zum Matsushita Konglomerat gehört, nicht den Überblick verliert, kann er mit Hilfe der virtuellen Realität schon vor der Kaufvertragsunterzeichnung durch sein Traumhaus gehen und die ideale Küche virtuell bedienen und sie bei Mißfallen verändern. Gefällt ihm die Simulation seines Eigenheimes und stimmen der Preis sowie die Finanzierung, beginnt das CAD-/CAM-System mit der verschnittfreien Fertigung der Bauteile. Gleiche Möglichkeiten bietet Daiwa, eine weitere innovative Fertighausfirma.

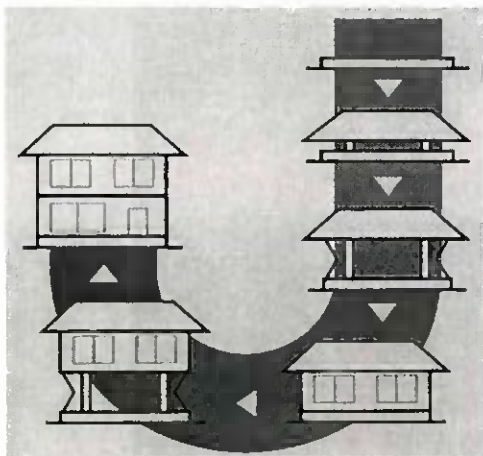
Die Herstellungsqualität ist bei Toyota Homes und Sekisui etc. so groß, daß die Firmen Garantien von 10 bis 20 Jahren auf ihre Fertighäuser geben können. Es sind qualitativ hochwertige Produkte, gefertigt nach industriellen Erkenntnissen. Wie ihre Kollegen vom Holzbau arbeiten die Sekisui-Zulieferer im 4-Tagestakt, wobei ein Tag für den Auftragseingang und die Arbeitsvorbereitung, zwei Tage für die Fertigung und ein Tag für die Auslieferung der Bauteile eingeplant sind (JIT = just in time). Wenn z.B. eine japanische Familie ein neues Haus möchte, dann läßt sie sich in einem der zahlreichen Showrooms beraten – ähnlich wie beim Autokauf. Ist der Kaufvertrag unterzeichnet, kann die Familie aus dem alten Haus ausziehen, Mobiliar zwischenlagern und für 1 bis 2 Wochen in Urlaub fahren. Vom Urlaub zurückgekehrt kann sie gleich in das neue Haus einziehen. Die Fertighausfirma hat zwischenzeitlich das alte Haus recycled, das neue errichtet und die Möbel eingeräumt.



37,38 Testzentrum: Vor der Vermarktung werden die Fertighäuser auf ähnliche Weise getestet wie es bei der Autofabrikation üblich ist: Beschneigungstest, Regen- und Winddichtigkeitstest. Erst wenn das Produkt nach dem Testlauf mängelfrei ist, wird es produziert; Toyota Home Haus nahe Osaka

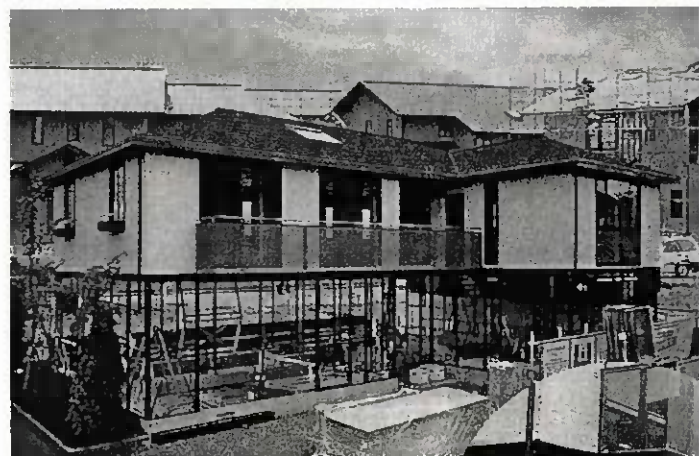
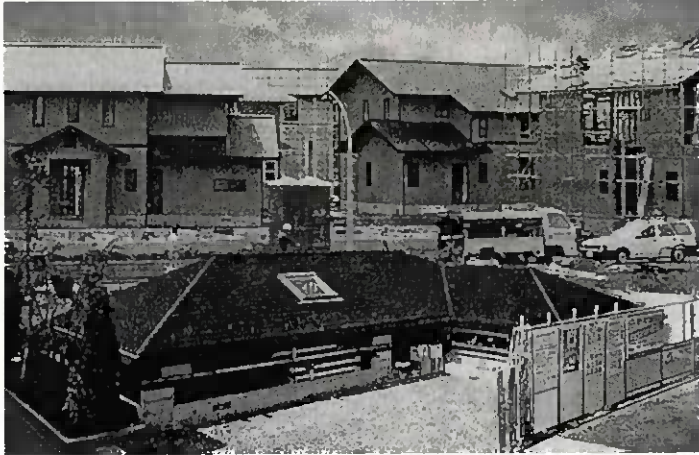
Stahlrahmenelemente

Diese Bauweise hat in der Montagefolge ihre Besonderheit. Da das Dach zuerst gebaut und hochgedrückt wird, können alle nachfolgenden Arbeiten im Trockenen erfolgen.



39,40 „J“ Jack up – System zum Bau von Fertighäusern ohne Gerüst und Kran; hydraulische Presse

Hydraulische Pressen heben die Konstruktion stockwerksweise an, die Montage der Wand- bzw. Fassadenbauteile kann ohne Gerüst erfolgen. Da die Bauteile in ihren Abmessungen klein sind ist kein Kran an der Baustelle notwendig.



41,42,43 Montageablauf

5 Entwicklungspotentiale

Nach Angaben des Instituts für Sozialforschung, Bonn ergeben Objektkosten von DM 250000.- bis 300000.- (Gesamtkosten inkl. Grundstückskosten und Baunebenkosten) einen zusätzlichen Markt von ca. 1.2 Mio. bauwilligen und realistisch baufähigen Haushalten. Es sind dies die sogenannten Schwellenhaushalte. Da sich der Markt im mittleren Segment bis DM 500000.-

Objektkosten inzwischen gesättigt hat gilt es nun diese Zielgruppe verstärkt zu erreichen. Wie bereits in der Einleitung erwähnt spielen neben den reinen Baukosten (50%) der Grunderwerb (erschlossen) und die Baunebenkosten eine tragende Rolle (zusammen ebenfalls fast 50%).

Hier sind die Kommunen gefordert Bauland preisgünstig und mit vernünftiger Einzelparzellierung zur Verfügung zu stellen oder verstärkt alternative Formen des Grunderwerbes wie Erbpacht zu ermöglichen. Desweiteren ist für das Grundstück ein vernünftiger und sparsamer Städtebau, eine vernünftige Erschließung und ein günstiger Hausanschluß zu entwickeln.

Beispiele:

- in einer Reihenhauszeile erwartet jeder einen eigenen Anschluß für Gas, Wasser und Elektro. Das kostet je nach Gemeinde zwischen DM 10000.- und 20000.-. Werden die Leitungen nicht bis zur Parzellengrenze sondern nur bis zur Grenze der Zeile in eine Übergabestation geführt kostet dies nur einmalig DM 10000.- bis 20000.-.
- Anliegerstraßen als normale breite Straßen, wie sie üblich sind (Fahrbahn und zwei Bürgersteige, zusammen zehn Meter breit), kosten mehr als eine gemütliche fünf Meter breite Wohnstraße, wo Autoverkehr, Radfahrer und Fußgänger zusammen sind.

Desweiteren ist die hohe Regelungsdichte durch Gesetze und Normen sinnvoll zu reduzieren. Hier sind neben dem Staat die Verbände und DIN-Ausschüsse gefordert.

Ein nächster wichtiger Schritt zur Kostenreduzierung liegt auf der Seite der Planer. Er muß bestrebt sein ein effizient bemessenes Raumprogramm aufzustellen und daraus einen einfachen, klaren Entwurf mit einer möglichst kompakten Hausform zu entwickeln. Jede Ecke und jede unregelmäßige Form kostet Geld und später Wärmeenergie. Darin liegt im Vorfeld der Bauaufgabe eine Grundleistung und Aufklärungspflicht der Architekten: eine überzeugende Darlegung von kostensparenden gestalterischen Maßnahmen dem Bauherren gegenüber, der ja gerade diese „Erker und Türmchen und Dachverschnitte“ – meist in seiner vertrauten und bekannten Umgebung begründet – oft so schätzt.

Maschinenteknik

- die Bearbeitungstechnologie wechselt immer mehr von der Handbearbeitung mit Kleinmaschinen zur kompletten Bearbeitung auf CNC-Maschinen.
- die Ansprüche an die Flexibilität bei der Bearbeitung werden deutlich höher.
- die Trennung zwischen Rohbau und Innenausbau fällt weg. Holzkonstruktionen werden zu Möbelstücken. Die Ansprüche an die Präzision der Fertigung übersteigt das übliche Maß des Zimmermanns deutlich.

Die hohen Investitionskosten im Bereich CNC und weiterführend im Bereich CAD/CAM bringen für deren Einsatz sinnvollerweise eine Unterscheidung nach Betriebsgrößen mit sich. Langfristig ergibt sich daraus auch eine Trennung zwischen Produktions- und Montagebetrieben.

Der eher handwerklich orientierte Kleinbetrieb wird auf eigene und teure Fertigungsinfrastrukturen verzichten und möglichst viele Halbfabrikate und Fertigprodukte

einkaufen. Neben den immer mehr an Bedeutung gewinnenden Marktfeldern Umbau und Sanierung wird der Kleinbetrieb für den Holzhausneubau produzieren lassen, jedoch selber montieren.

Als Produktionsstätten sind die regional und genossenschaftlich (nach Art der landwirtschaftlichen Maschinenringe) organisierten, traditionellen Abbundzentren denkbar. Diese sind in ihrer Maschinenauslegung meist auf Serienproduktion gleicher oder ähnlicher Teile in kurzer Zeit ausgelegt. Dies können „konventionelle“ Dach und Wandkonstruktionen oder die tragenden Teile für den Elementbau sein. Ihre Bearbeitungsfreiheit ist jedoch eingeschränkt, meist ist nur die Bearbeitung gerader Balken möglich.

Die Ergänzung um eine CNC- gesteuerte Anlage mit nachfolgenden Produktionstischen für Wand-, Dach- und Deckenfertigung ermöglicht dem Kleinbetrieb einen Holzsystembau in rationeller und kostengünstiger Art herzustellen.

Der Mittel- und Großbetrieb produziert und montiert in der Regel selber. Als Spezialist in Sachen Holzhausbau besitzt er bereits mehr oder weniger automatisierte Fertigungsstraßen. Oft sind jedoch unterschiedliche Systeme verschiedener Baugenerationen im Einsatz. Diese sind meist untereinander nicht kompatibel, was Verzögerungen in der Fertigung zur Folge hat. Hier könnten geeignete übergeordnete Rechenprogramme für eine Verknüpfung sorgen.

Desweiteren ist der Vorfertigungsgrad an den einzelnen Fertigungsstationen unterschiedlich hoch. Im Bereich der Endbehandlung von z.B. Wandaußen- und Wandinnenseite sehen wir Potentiale.

Die Gipskartonplatte als gängiger innenseitiger Abschluß wird im Werk handgespachtelt. Um diesen Prozeß zu automatisieren wäre ein Modul an einer Multifunktionsbrücke denkbar. Dieses übernimmt analog dem automatischen Abnageln einer Außenschalung das Spachteln der Plattenstöße. Kleinere Spachtelarbeiten in der Fläche und Spachteln der Elementstöße sind nach wie vor wohl erst sinnvoll kurz vor dem Aufbringen der Tapete auf der Baustelle. Wird nicht tapeziert und nur gestrichen bleibt der zweite Spachtelgang auf der Baustelle unerlässlich.

Außenseitige Streicharbeiten an Holzschalungen oder Putzarbeiten sind in einer zwischen Fertigungsstraße und Endlager platzierten „Kabine“ denkbar. Die Module sind somit Teil der Fertigungsstraße. Das Modul „Spritzen“ sorgt für ein qualitativvolles Finish der Elemente mittels einem automatischen Spritzverfahren. Um mit dem Modul „Putzen“ exakte Kanten zu erhalten wird die liegende Wand mit Putzleisten versehen. Mittels Joystick bewegt der Maschinenbediener die Auftragseinheit über die Wandoberfläche. Tür und Fensterausparungen sind abgedeckt und können überfahren werden. Der Glättungsgrad ist im laufenden Betrieb pneumatisch verstellbar. Neben dem sehr viel einfacheren Verfahren Wände und Decken liegend zu verputzen ergeben sich Qualitätsvorteile in der Materialoberfläche.

Die technische Evolution im Fertigungsbereich zeichnet eine Entwicklung ab, die den Einsatz von CNC-Anlagen mit bis zu fünf Achsen in wenigen Jahren zum Stand der Technik machen wird. Diese Maschinen zeichnen sich durch eine hohe Freiheit bei den Bearbeitungsmöglichkeiten und eine große Formenvielfalt der herzustellenden Teile aus.

Vor allem für den Freiformbereich sind noch weitere Entwicklungen in Bezug auf flexibel einsetzbare Aufspannvorrichtungen notwendig. Es hilft wenig, wenn eine bestimmte Bearbeitung zwar möglich wäre, das Werkstück aber auf keine Art und Weise auf die Maschine paßt. In diesem Zusammenhang erscheinen Vakuumspanner und Laserpositionierung als geeignete Techniken.

Notwendig sind weiters Programme, welche die Bearbeitung und die Produzierbarkeit der Bauteile simulieren und Fehler aufdecken können bzw. die Selbstzerstörung der CNC-Maschine verhindern können.

Datenfluß

Eine fünfachsig CNC-Maschine kann unwahrscheinlich viel, wenn sie entsprechend programmiert ist. Vom Benutzer werden möglichst einfach zu handhabende Systeme gewünscht, welche möglichst viele Daten direkt ab der CAD-Planung verarbeiten können. Dies ist für die Einzelstabbearbeitung bereits weitgehend möglich, für die Bearbeitung freier Formen bedarf es gut ausgebildeter Spezialisten mit hohen Kenntnissen in der Holzbearbeitung und der CNC-Programmierung sowie einem überdurchschnittlichen Vorstellungsvermögen.

Noch besser wäre die direkte Steuerung der Maschinen auf Grundlage der Architektenpläne ohne Konvertierungsaufwand durch einen zusätzlichen Ingenieur.

Dieser direkte Datenfluß baut sich aus einzelnen Datensätzen auf. Jedem Bauteil wird in der Arbeitsvorbereitung ein Datensatz zugeteilt. Dieser Datensatz definiert z.B. eine Wandbeschreibung. Die Wandbeschreibung wiederum enthält alle Daten dieses Bauteils: Materialdisposition, Einkauf Material, Konstruktion, Elementierung, sonstige Kenngrößen der Wand wie Daten für die after-sales Betreuung z.B. bei späterer Modernisierung oder Kabel- und Leitungsführungsbilder.

Der Datenfluß sollte sowohl von der Planung zur Fertigung als auch rückwärts von der Fertigung zur Planung gewährleistet sein um die notwendigen Rückmeldungen zu erhalten und Fehlerquellen zu minimieren.

Notwendig sind hier Datensysteme die mit den gängigen CAD-Systemen kompatibel sind mindestens jedoch durch einfachen Datenaustausch eine Durchgängigkeit herstellen.

Integrierte Produktplanung

Der Einsatz von computergesteuerten Fertigungsanlagen ermöglicht die Abkehr von der Standardfertigung hin zur individuellen Vorfertigung.

Ausgangslage ist somit nicht mehr eine standardisierte Elementpalette sondern das individuelle Gebäude. Die Gestaltungsfreiheit und die Ausführungsqualität lassen sich ohne preisliche Kompromisse erheblich steigern, was am Markt neue Chancen in bisher nur schwer zugänglichen Bereichen eröffnet.

Standardisierte Vorfertigung

Ausgangslage



Elemente

Methodik der Handhabung



Resultat



Haus

Individuelle Vorfertigung

Ausgangslage



Haus

Methodik der Handhabung



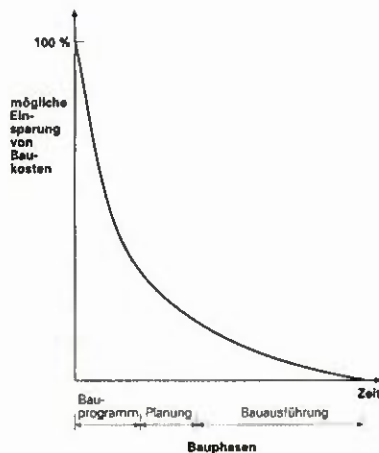
Resultat



Elemente

44 von der standardisierten zur individuellen Vorfertigung

Ein weiterer entscheidender Faktor die Kosten zu senken liegt in einer Verfahrensinnovation von der Planung bis in die Fertigung und Montage. Da das Kosteneinsparpotential am Anfang jeglicher Bauaufgabe am größten ist, sind sämtliche Planer – vom Architekten über die Fachingenieure möglichst bis zum ausführenden Unternehmer – frühzeitig zur Teambildung aufgefordert.



45 Einsparmöglichkeiten in den Bauphasen

Diese teamorientierte Projektentwicklung – im Gegensatz zum bisher üblichen linearen Ablauf – ist als dynamischer Prozeß zu verstehen, d.h. es wird nicht nacheinander und erst bei Bedarf kommuniziert, sondern von Anfang an gleichzeitig und miteinander. Die frühzeitige Hereinnahme des Unternehmers bedeutet natürlich eine rechtzeitige Entscheidung für ein Bausystem. Diese Firmen wechseln anschließend von der Planung in die Realisierung und nehmen die vollständigen Informationen mit.

Um hier eine der Bauaufgabe entsprechende Entscheidung treffen zu können, sollte der Architekt die gängigen Systeme und deren Konstruktion wenigstens im Ansatz, besser im Detail kennen, um seine Planung daran zu orientieren. Einhergehend mit einer teamorientierten Projektentwicklung kann der Wechsel vom reinen Preiswettbewerb zu einem wesentlich wirkungsvolleren und kreativeren Leistungswettbewerb vollzogen werden.

Weiters kann die Planung Kooperationsmöglichkeiten für gewerkeübergreifende Leistungsangebote prüfen (z.B. vorgefertigte Wandtafelelemente mit Fenstern, Oberflächenbekleidungen u.ä.) – unter Beibehaltung der Trennung langlebiger Primärstrukturen von veränderbaren Sekundärstrukturen (Ausbau) analog dem niederländischen System.

Produktion

Die Leistungsfähigkeit heutiger Abbundanlagen ist, was die Bearbeitungsmöglichkeiten und –geschwindigkeiten betrifft schon sehr hoch. Zusammen mit den unter dem Kapitel Maschinenteknik genannten vor- oder nachgeschalteten Komponenten ergibt sich ein guter Automatisierungsgrad.

Weiter kostenreduzierend kann sich eine verbesserte Ablauforganisation der Produktion auswirken. Da der Anteil gleicher Bauteile durch die individuelle Gestaltung der Häuser klein ist, erscheint die Methodik der „just in time“ Fertigung als sinnvoll. Diese beruht auf folgenden Grundsätzen:

- Fertigungsbeginn erst nach komplett vorhandener Planung
- keine oder möglichst kleine Zwischenlagerung von Baumaterialien
- Produktionsbeginn erst nachdem sichergestellt ist, daß die vorgefertigten Bauteile direkt weiterverbaut werden können
- Verladung der Elemente direkt auf LKW Auflieger (keine Zwischenlagerung)
- Montage der Elemente sofort nach Fertigungsende im Werk.

Produkt

Entwicklungspotentiale auf der Seite des Produktes liegen für Mittel- und Großbetriebe sicherlich bei den Anbau- und Einbaumodulen:

- zentral gelegene, vorgefertigte geschoßhohe Installationsschächte, die neben der Heizung, dem Hausanschluß auch die vertikale Versorgung mit Wasser, Abwasser, Luft, Strom und Kommunikation leisten sind in der Erprobung. Daran gekoppelt liegen Küche, Bad und WC. Als Folge dieser Module könnten die Böden leitungsfrei bleiben (Zuführung zum Heizkörper läuft im Wandsockelbereich) und damit im Werk komplett vorgefertigt werden.
- für die ebenfalls meist als Modul eingesetzte Treppe wäre eine Stufe weniger bei entsprechend größerer Steigung denkbar. Eine vertretbare Maßnahme bei immer größer werdenden Menschen.
- keine Türstürze sondern raumhohe Türelemente bestehend aus Türe und Türoberteil
- Fertigdachelemente anstatt zimmermannsmäßiger Konstruktion

Potentiale für den systemunabhängigeren Kleinbetrieb:

- Wahl der rationellsten Holzquerschnitte in Abstimmung mit der Tragwerksplanung, z.B. zusammengesetzte Doppel T Profile aus Vollholz-Gurten und Holzfaserplatten-Steg (geringes Gewicht, große Tiefe für Dämmung, leichte Leitungsführung im Stegbereich); evt. Erhöhung der Sparrenabstände und stärkere Dachlatten zur Materialeinsparung und besseren Abstimmung von Sparren- und Ständerwerkrafter.
- in Abstimmung mit der Tragwerksplanung können sinnvolle Systemkombinationen geprüft werden, z.B. von Holzständerbau mit Holzskelettbau, der größere Spannweiten ermöglicht oder von Massivbausystemen für die Tragstruktur mit Holztafelbau für Fassaden, Dachgeschosse und Ausbau.
- Abwägen der Kostenvorteile von vorgefertigten Großtafeln mit geringen Fügekosten (raum- oder haushohe Wandelemente, hauslange, 1.20m breite Deckenelemente) und Kleintafeln mit einfacher Handhabung (Breiten zwischen 0.90 und 1.25m); geringere Gestaltungsvielfalt und erhöhter Transportaufwand bei Großtafeln gegenüber höherem Holzbedarf, erhöhtem Montageaufwand, größerer Fugenzahl bei Kleintafeln.
- Abstimmung der Bauteilgrößen auf die zur Verfügung stehenden Hebezeuge und Montagebedingungen – Kleintafeln können ggf. ohne Kran montiert werden.

Wirtschaftlichkeit

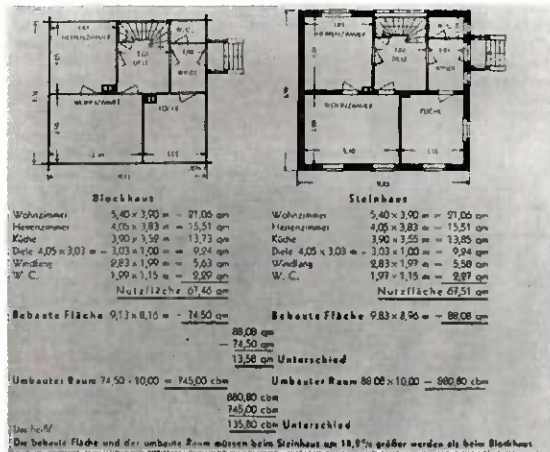
Neben einer optimierten Maschinenteknik steckt in der Betriebswirtschaftlichkeit einer Produktionslinie weiteres Kostensenkungspotential. Erstrebenswert ist hier eine betriebswirtschaftliche Echtzeitsteuerung der Fertigung, d.h. die Kosten werden laufend und genauer, sozusagen für jeden Abschnitt - „just in time“ - kontrolliert. Diese Vorgehensweise hilft innerbetriebliche Schwachstellen aufzuspüren und zu beseitigen.

Firmenpolitik

Die Akzeptanz des Holzhauses in breiten Schichten der Bevölkerung wächst nur langsam. Hier gilt es verstärkt die effektiven Vorteile eines Hauses aus Holz aktiv zu vertreten. Dabei spielen die Kostenvorteile eine wichtige Rolle:

- relativ dünne und doch hochwärmedämmende Holzwände ersparen bei gleicher

Wohnfläche heute ca. 10% an überbauter Fläche, was die notwendige Grundstücksgröße reduziert.



46 Grundflächenvergleich Holzbau / Massivbau aus dem Jahre 1929

- verschiedene Ausbaustandards – schlüsselfertig, malervorbereitet oder ausbauvorbereitet ermöglichen auch einkommensschwächeren oder jüngeren Kunden den Hauserwerb. Der Baustoff Holz ist zum Selbstausbau hervorragend geeignet.

Neben den bekannten Musterhäusern können neue Medien zu Werbe- und Präsentationszwecken Anwendung finden. In Servicezentren kann der Kunde sein individuell gestaltetes zukünftiges Haus mittels virtual reality erleben, darin umhergehen, jederzeit Änderungen vornehmen und sich schließlich endgültig entscheiden. Hier hat er auch die Möglichkeit verschiedenste Ausstattungen zu testen und auszusuchen

In Zukunft wird es auch für Baufirmen immer wichtiger werden, den Markt selbst zu gestalten. Das setzt eine richtige Absatz-, Produkt-, Preis- und Kommunikationsstrategie voraus. Das Beispiel Japan ist nicht nur als technische Produktivitätssteigerung zu betrachten, sondern es ist auch image- und marktfördernd. Der Kunde wünscht sich dann ein Toyota-Fertighaus, das in Japan das Image eines BMW oder Mercedes besitzt.

In einem Hochlohnland wie Japan und der BRD floriert ein anlagenintensiver Betrieb nur, wenn er kontinuierlich arbeiten kann und ihm vom Vertrieb dazu verholfen wird. Die japanischen Fertighausfirmen werden marktorientiert geführt. So wie in der Automobilindustrie steuert der Vertrieb die Produktion bei Toyota Home. Die Kundenorientierung ist oberste Maxime und schafft einen guten Ruf bei zufriedenen Kunden, die diesen Service dadurch belohnen, daß die Fertighausindustrie in Japan trotz abnehmender Bautätigkeit von 1.728.534 auf 1.342.977 Häuser von 1986 bis 1992 mehr Fertighäuser (von 252.545 auf 288.598 Stück) absetzen konnte.

Der Markterfolg hängt von der Mitarbeitermotivation und der Qualifikation der Arbeiter ab. Ziel muß sein, daß auch Baufirmen sich eine Personalpolitik zulegen, die es ihren Mitarbeitern ermöglicht, sich selbst im Unternehmen optimal entfalten zu können. Wenn ein Mitarbeiter seine Persönlichkeit im Betrieb entfalten kann, dann macht ihm die Arbeit Spaß und somit wird er für sein Unternehmen die fehlerfreien Produkte bauen, die seinem Unternehmen zum entsprechenden Markterfolg verhelfen werden.

6 Vorschläge zur Weiterentwicklung

Fertigungstechnik

- Weiterentwicklung des vorgefertigten, geschloßhohen Installationsschachtes; hier insbesondere die fertigungsgerechte Umplanung bzw. die Entwicklung von Lösungen zu dessen automatischer Herstellung.
- Entwicklung eines Spachtelmoduls z.B. als weiterer Bestandteil einer Multifunktionsbrücke und eines Putzmoduls als separate Einheit zwischen Fertigungsstraße und Endlager.

Betriebswirtschaft:

- Untersuchungen zur Arbeitsablaufoptimierung und zur Arbeitsplatzgestaltung; hier insbesondere die Realisierung einer „just in time“ Kostenkontrolle (betriebswirtschaftliche Echtzeitsteuerung der Fertigung).

Export

Anregungen und Vorschläge zur Bildung von Exportallianzen:

- Entwicklung einer flexiblen Produktlinie (Architektur, Haustechnik, Normen auf den jeweiligen Exportbereich abgestimmt) für den Verkauf in andere Hochlohnländer, z.B. Schweden.
- Realisierung einer Produktlinie für den „Schnellbau“ in Krisengebieten. Hierfür ist der Baustoff Holz aufgrund seiner Gewichtsvorteile, seiner leichten Handhabbarkeit (Selbstbau) und seiner Verfügbarkeit bestens geeignet. So brauchen z.B. nach unbestätigten Meldungen in China derzeit 20 Mio. Menschen aufgrund der Flutkatastrophe ein neues Dach über dem Kopf.

7 Zusammenfassung

Marktübersicht

Der Vorfertigungsgrad im Holzhausbau ist nach derzeitigem Stand der Technik in Deutschland gegenüber anderen europäischen Ländern durchaus als gut zu bezeichnen. Zum Einsatz kommen alle gängigen Holzbausysteme wobei in jüngster Zeit besonders der „neue Blockbau“ (Brettstapel-, Brettschichtholz-, Dickholz- und Holzblocktafelbauweise) im Vordergrund steht. Vielleicht auch deshalb, weil dieser - meist aus Brettern verleimte, flächige Massivkonstruktionen – den Holzbau dem Massivbau näherbringt („Klopffest“, Holz/Massiv-Verbundkonstruktionen).

Die Automatisierung in Skandinavien ist geringer. Niedrigere Hausstandards, eine schlichte Architektursprache mit u.a. fast immer gleicher Konstruktion, günstige Bodenpreise und eine andere Mentalität aller am Bau Beteiligten (stark ausgeprägtes gegenseitiges Vertrauen) führen jedoch zu erheblich preiswerterem Bauen.

Der nordamerikanische Markt wird von der „timber frame“-Bauweise und hier insbesondere dem „platform framing“ bestimmt; der Marktanteil teilvorfabrizierter oder gänzlich vorgefertigter Häuser ist noch gering.

Beim „platform framing“ beschränkt sich die Vorfertigung im wesentlichen auf die Herstellung weniger stabförmiger Bauteile. Die einfache Handhabung des Systems, wenige normierte Querschnitte für Stäbe und Platten, geringere Löhne, niedrige Grundstückskosten und eine landesweite Verbreitung sind Gründe für - im Vergleich zu Deutschland – günstigere Gesamtbaukosten.

Der heutige japanische Holzhausbau beschränkt sich im wesentlichen auf Bauen mit vorgefertigten Raumzellen und Bauen nach der „Precut“ Methode. Beide Systeme sind gekennzeichnet durch einen möglichst durchgängigen Datenfluß. Beginnend bei der Auswahl des Hauses im Showroom über die Finanzierung, die CAD Planung, die automatische Generierung der Maschinendaten bis zur Datenübergabe an die Fertigungsstraße mit CNC gesteuerten Abbundmaschinen ergibt sich eine durchlaufende CAD/CAM-Kette.

Aus dem Bereich Massivbau lohnt ein Blick nach Holland. Hier wird vorrangig in serieller Bauweise (Bautaktverfahren) mit großen Einheiten gebaut. Erst Kontingente ab 60 Häuser gelten als wirklich wirtschaftlich. Meist kommen dabei vorgefertigte Kalksandsteinschotten mit Hohlkörper- oder Fertigteildecken zum Einsatz bzw. bei Großserien wird über Nacht mit Tunnelschalungen für Beton gearbeitet.

Dabei setzen die Niederländer bei der Planung und Bauausführung auf Systementflechtung, d.h. es kommt zur strikten Trennung von Langzeitsystem (Tragwerk, Hülle) und Ausbausystem (Erneuerungs-, Auswechselsystem). Hintergrund ist die unterschiedliche Lebensdauer der Systeme und eine erhöhte Flexibilität - z.B. bezüglich einer Nutzungsänderung - innerhalb des Ausbausystems.

Entwicklungspotentiale

Aufgrund der hohen Investitionskosten im Bereich CNC und weiterführend im Bereich CAD/CAM erscheint für Kleinbetriebe der Montagebereich sinnvoll. Als Produktionsbereich ist das regional und genossenschaftlich organisierte Abbundzentrum denkbar. Eine Ergänzung um eine CNC gesteuerte Anlage mit nachfolgenden Produktionstischen ermöglicht eine rationelle und kostengünstige Fertigung.

Für Großbetriebe mit bestehenden Fertigungsstraßen liegen Potentiale in der Ergänzung der Fertigung mit Zusatzmodulen. Hier ist ein Modul an der Multifunktionsbrücke zum Spachteln der Gipskartonplattenstöße denkbar.

Außenseitige Streicharbeiten an Holzschalungen oder Putzarbeiten sind in einer zwischen Fertigungsstraße und Endlager platzierten „Kabine“ denkbar. Die Module sind somit Teil der Fertigungsstraße.

Von Vorteil wäre ein durchgängiger Datenfluß – eine direkte Steuerung der Maschinen auf Grundlage der Architektenpläne, am besten ohne Konvertierungsaufwand. Zusätzlich sind den Daten neue Funktionen wie z.B. Einkauf Material, after-sales Betreuung bei späterer Modernisierung oder Kabel- und Leitungsführungsbilder zuzuweisen.

Wichtig erscheint in diesem Zusammenhang auch ein rückwärtiger Datenfluß aus der Produktion in die Planung (Minimierung von Fehlerquellen).

Die Schaffung einer integrierten Produktplanung hilft Kosten zu senken. Da das Kosteneinsparpotential am Anfang jeglicher Bauaufgabe am größten ist, sind sämtliche Planer – vom Architekten über die Fachingenieure möglichst bis zum ausführenden Unternehmer – frühzeitig zur Teambildung aufgefordert.

Weiter kostenreduzierend kann sich eine verbesserte Ablauforganisation der Produktion auswirken. Da der Anteil gleicher Bauteile durch die individuelle Gestaltung der Häuser klein ist, erscheint die Methodik der „just in time“ Fertigung als sinnvoll.

Im Produktbereich liegen Potentiale in der Entwicklung von Einbau- und Anbaumodulen. So sind zentral gelegene, vorfabrizierte, geschoßhohe Installationsschächte denkbar. Als „Herz“ eines Hauses enthalten diese begehbaren Module (mögl. Abmessungen 140 x 200 cm) sämtliche Haustechnik inklusive dem Hausanschluß. Daran gekoppelt liegen Küche, Bad, WC. Geschoßtreppen sind ebenfalls als Module einsetzbar und mit einer Stufe weniger realisierbar (immer größere Menschen).

Neben einer optimierten Maschinenteknik steckt in der Betriebswirtschaftlichkeit einer Produktionslinie weiteres Kostensenkungspotential. Betriebswirtschaftliche Echtzeitsteuerung der Fertigung zur laufenden, „just in time“ Kostenkontrolle ist hier denkbar.

Auch die Darstellung des einzelnen Betriebes und seines Produktes spielt eine Rolle. Die Vorteile des Baustoffes Holz sind deutlich darzustellen.

Daneben könnte das Angebot verschiedener Ausbaustandards des Produktes neue Kundenkreise erschließen.

Neben den bekannten Musterhäusern können neue Medien zu Werbe- und Präsentationszwecken Anwendung finden (z.B. Showrooms mit virtual reality Ausstattung). Die Motivation der eigenen Mitarbeiter sollte gefördert werden. Ziel muß sein, daß auch Baufirmen sich eine Personalpolitik zulegen, die es ihren Mitarbeitern ermöglicht, sich selbst im Unternehmen optimal entfalten zu können.

8 Literatur / Foto / Grafik

Literatur

- Planung mit Vorausblick, aus: Baukreis 4, Januar 98; Herausgeber: Portlandzementwerk Dotternhausen
- U. Blecken, A. van Randen: Vorfertigung im Wohnungsbau: Systemansatz in den Niederlanden, aus: Element + Bau 4, September 97; Herausgeber: Dr. Harnisch Verlagsgesellschaft mbH, Nürnberg
- T. Bock: Robotik im Bauwesen (1), aus: Detail 5, Serie 98; Verlag für internationale Architekturdokumentation, München
- A. Wenke: Kostengünstiges Bauen – Bauen mit Holz?, aus: Holzwohnhäuser, Verlag für Bauwesen, Berlin
- H. Kolb: Ziele und Visionen für den CNC-Einsatz im Holzbau, aus: Schweizer Holzbau 3, März 96
- H. Warnecke, H. Dreher, T. Hörz: Robotertechnik (1), aus: Holz + Kunststoff, Januar 95
- Kostensenkung und Verringerung von Vorschriften im Wohnungsbau – Bericht der Kommission, Materialband 1 und 2, Juli 94; Herausgeber: BM für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bonn
- H. Rupli: Ganzheitliches Denken im System, aus: Schweizer Holzbau 1, Januar 96
- W. Dürpisch: Bis zu 30% sparen, Interview mit Prof. J. Weber, aus: Domus Magazin 1/98
- H. Rupli: Vernetztes Planen im Hochbau, aus: Lignatec 6/98; Herausgeber: Lignum, Schweizer Arbeitsgemeinschaft für das Holz, Zürich
- W. Bauer: Stand der Technik in der Holzblockbauweise; Vertieferarbeit am IMB der Universität Karlsruhe, Oktober 97
- M. Kunkel: Kostengünstiger Mietwohnungsbau in Holzbauweise; Diplomarbeit im FB Bauingenieurwesen der FH Darmstadt, Juli 95
- Vergleich typischer Efh in D mit ausländischen Modellen – DK – NL – CH, Band 1, Juni 88; Herausgeber: IRB Verlag, Stuttgart
- Firmenunterlagen und -gespräche bei den beteiligten und besichtigten Firmen: Bau-Fritz GmbH +Co., 87746 Erkheim; Zimmermeisterhaus W. Gaigl, 85659 Forstern; Merk Holzbau GmbH + Co., 86551 Aichach; Weber Hausbau GmbH, 84048 Mainburg; H. Hundegger Maschinenbau GmbH, 87749 Hawangen; Weinmann + Partner GmbH, 72813 St. Johann-Lonsingen.

Foto / Grafik

- 1,2 Bundesverband der deutschen Zementindustrie
- 3,4 ifs, Bonn
- 5 Norske Skog Trelast
- 6,18,19 J. Kolb: Systembau mit Holz; Baufachverlag, Dietikon
- 7,8 Wohnungen in Holzbauweise, Wohnmodelle Bayern; Karl Krämer Verlag, Stuttgart
- 9,10,11,12,13,14,15,16,17,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43 Thomas Bock
- 20,21 Firmenunterlagen H. Hundegger Maschinenbau GmbH, 87749 Hawangen
- 22,23 Firmenunterlagen Weinmann + Partner GmbH, 72813 St. Johann-Lonsingen
- 24 G. Pfeifer: Der neue Holzbau; Callwey Verlag, München
- 25 Firmenunterlagen Merk Holzbau GmbH, 86551 Aichach
- 26 Firmenunterlagen Lignotrend AG, 79809 Weilheim-Bannholz
- 27 Firmenunterlagen Unidek VgmbH, 28199 Bremen
- 28 Firmenunterlagen P. Degen GmbH, 77767 Appenweier
- 29,30 Kostensenkung und Verringerung von Vorschriften im Wohnungsbau – Bericht der Kommission, Materialband 1 und 2, Juli 94; Herausgeber: BM für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bonn
- 31,32,33 Element + Bau 4, September 97; Herausgeber: Dr. Harnisch Verlagsgesellschaft mbH, Nürnberg
- 44 Lignatec 6/98; Herausgeber: Lignum, Schweizer Arbeitsgemeinschaft für das Holz, Zürich
- 45 A. Wenke: Holzwohnhäuser, Verlag für Bauwesen, Berlin
- 46 K. Junghanns: Das Haus für alle; Verlag Ernst + Sohn, Berlin