

# **Unterlagen zur VU**

Dr. Friedrich Glock  
Institut für Gestaltungs- Wirkungsforchung  
Technische Universität Wien

## **Design Studies**

**SS 2018**



## Inhalt

<b>1</b>	<b>DESIGN STUDIES, DESIGN RESEARCH</b>	<b>4</b>
1.1	Was ist Designing? – Wer ist Designer?	4
1.2	Designprozesse - Komplexität	6
1.3	Stellenwert des Konstruierens in produzierenden Unternehmen	7
<b>2</b>	<b>INGENIEURWISSENSCHAFTLICHE ANSÄTZE</b>	<b>8</b>
	<b>PRESCRIPTIVE DESIGN RESEARCH</b>	<b>8</b>
2.1	Design 'Methodologies' – Konstruktionsmethodik(en), -lehre	8
2.2	Phasenmodell für Multimedia production process	15
2.3	Vorgehensmodelle - Entwicklung von Softwaresystemen.	16
2.4	Zu den Grundlagen von Design Methodologies	18
2.4.1	Designing als Problemlösen	18
2.4.2	The fundamental principles of design methodologies (nach Gedenryd)	20
<b>3</b>	<b>DESCRIPTIVE DESIGN RESEARCH IN ING.WISS.ANSÄTZEN</b>	<b>23</b>
3.1	Experimentelle Untersuchungen	23
3.1.1	Auswertung	24
3.1.2	Ergebnisse	25
3.2	Weitere Untersuchungen und Ergebnisse	27
3.2.1	Design Research – Methods	27
3.2.2	Understanding Design Cognition (aus: Cross, 2006, pp 77)	28
3.3	Zur Kritik an Phasenmodellen	36
3.4	Fallstudie	38
<b>4</b>	<b>SOZIALWISSENSCHAFTLICHER ANSATZ</b>	<b>41</b>
4.1	Konzepte	41
4.1.1	Gestalt	41
4.1.2	Kontexte und Rahmen	42
4.2	Zwischenbetrachtung: Ingenieurwiss. – sozialwiss. Ansatz	44
4.3	Kinds of seeing and their functions in designing	46
4.3.1	»Sehen als« Gestalt im Designing	53
4.3.2	Beispiele aus Fallstudie	57
4.4	Reflective Conversation with Materials	58
	<b>LITERATUR</b>	<b>63</b>

# 1 Design Studies, Design Research

## *Design product - Design process*

Ingenieurwissenschaften beschäftigen sich vorwiegend mit den zu konstruierenden, gestaltenden Produkten und weniger mit dem Prozess des Konstruierens – design process.

Der Design Process ist Untersuchungs'gegenstand' von Design Studies bzw. Design Research.

Ein Ziel von Design Research ist, Designprozesse verschiedener Designdisziplinen (besser) zu verstehen als Voraussetzung diese (technisch) zu unterstützen und zu verbessern.

### Untersuchungsansätze im Design Research:

- Ingenieurwissenschaftliche - Designing als Algorithmus
- Kognitionswissenschaftlich - Designing als Denkprozess
- Sozialwissenschaftliche – Designing als sozialer Prozess

Weiters kann man Design Research unterscheiden in

- **Prescriptive Design Research:** versucht Vorgehensmodelle zu erstellen und Designern Methoden, guidelines der Vorgehensweise beim Designing vorzuschlagen bzw. vorzuschreiben; d.h. wie in der Designarbeit vorgegangen werden soll.
- **Descriptive Design Research:** untersucht wie in der Designpraxis vorgegangen wird.

## 1.1 Was ist Designing? – Wer ist Designer?

### Begriffe - deutsche Wortverwendungen (nach Duden)

**Designer:** Formgestalter für Gebrauchsgüter

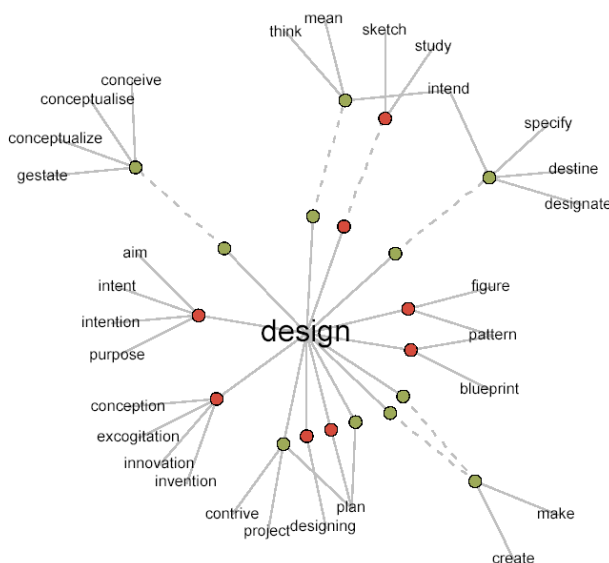
**Konstrukteur:** Erbauer, Erfinder, Gestalter

Übersetzungen: **Designing:** das Entwerfen, die Gestaltung; (adj.) entwerfend, planend

designing engineer: Konstrukteur/in, Entwicklungsingenieur/in

designing work: Entwurfs- Konstruktionsarbeiten

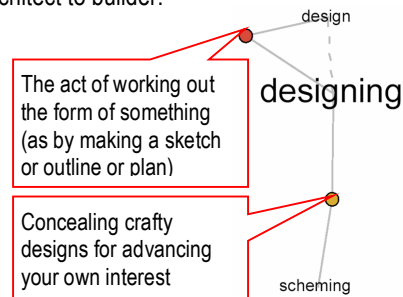
Visual Thesaurus (Merriam-Webster)



engl. (etym.) »design« from the Latin *designare*, to designate.

The modern sense of design is held to have originated in the Renaissance, when architect and builder functions came to be two separate functions. The architect would no longer always be present on site during building and therefore had to specify what to build, which previously hadn't been necessary.

The noun »design« comes from *signum*. It has the meaning of something that you follow, in the sense of the specifications passed on from architect to builder.



## Designing – Konstruieren, Entwerfen

Ein wichtiger Tätigkeitsbereich von Ingenieuren, sowohl für Unternehmen wie darüber hinaus für die Gesellschaft, ist das Konstruieren, Entwerfen und Gestalten - engl.: 'Designing'- von Technik.

**Konstruieren** - (lat.) construere: Zusammenfügen von vorliegenden und hervorgebrachten Stücken zu einem Gebilde, das Sinn macht.

Ingenieure „beeinflussen die Beschaffenheit der Welt in der wir leben ... Viele Ingenieure leugnen ihren Einfluß und behaupten, sie führten nur die Anordnungen anderer aus – z.B. die von Politikern. Eigentlich jedoch bestimmen die Ingenieure dadurch, dass sie für bestimmte Probleme spezielle Lösungen einschließlich der Durchführungspläne und genauen Vorgaben bereitstellen, was sich Politiker überhaupt wünschen. Und natürlich setzen die von Ingenieuren angebotenen Lösungen auch voraus, daß sie von Ingenieuren ausgeführt werden. ...

Die Umwandlung einer Idee in eine künstliche Sache... ist ein komplexer und subtiler Vorgang, der wohl immer der Kunst näher ist als der Wissenschaft.“<sup>1</sup>

### Wer ist Designer?

”Jeder ist ein Designer, der Abläufe ersinnt, um bestehende Situationen in erwünschte zu verwandeln.“<sup>2</sup>

“We are not designing when we merely place on book on top of another, for example, but we are designing when we arrange books on a shelf with an eye to such criteria as ease of access, grouping books by size or colour.“<sup>3</sup>

Wenn man vom ”Schaffen des Ingenieurs“<sup>4</sup> spricht, werden Überschneidungen mit künstlerischem Schaffen angesprochen.

„In the last ... (decades), the concept of design has broadened.... Increasingly there has been a tendency to think of policies, institutions, and behaviour itself, as object of design. It is questionable how far in this direction we ought to go. We risk ignoring ... significant differences in media, contexts, goals, and bodies of knowledge specific to the professions. But we may also discover, at a deeper level, a generic design process which underlies these differences.“ (Schön<sup>5</sup>, 1983, p.77)

Designprozesse enthalten Neues und sind in gewisser Weise einzigartig. In der Literatur wird Konstruieren mit Tätigkeiten und Begriffen wie Probleme lösen, Entscheidungen treffen, Wissenschaft anwenden, Kreativität und Vorstellungsvermögen, heuristische Suche, lernen, Muster auswählen und anpassen, Menschen behandeln, Verhandeln zwecks Erzielung befriedigender Lösungen, Daten sammeln und verarbeiten, zeichnen und berechnen, Bedürfnisse befriedigen u.v.a.m. in Zusammenhang gebracht. Ebenso gibt es eine Vielzahl von Definitionsversuchen, wie sie z.B. in Hubka und Eder<sup>6</sup> zusammengestellt werden.

Konstruieren ist das „... Vorausdenken und Beschreiben einer Struktur, welche als Träger der gewünschten Eigenschaften (v.a.d. Funktionen) auftritt. ... Konstruieren wird definiert als die Transformation einer Information vom Zustand der Anforderungen in die Beschreibung einer Struktur, welche diese Anforderungen erfüllt.“ (Hubka & Eder)

---

<sup>1</sup> Ferguson Eugene (1993): Das innere Auge. Von der Kunst des Ingenieurs, Boston et.al. S.13

<sup>2</sup> Simon Herbert (1990): Die Wissenschaft vom Künstlichen. Berlin. S.95

<sup>3</sup> Schön D. & Wiggins G. Kinds of seeing and their functions in designing. In Design Studies, 1992, Vol13, No 2

<sup>4</sup> Huning Alois (1987): Das Schaffen des Ingenieurs. Düsseldorf

<sup>5</sup> Schön Donald (1983): The Reflective Practitioner. Basic Books

<sup>6</sup> Hubka V. und Eder W.E.: Einführung in die Konstruktionswissenschaft. Berlin, et al. 1992 (S.17f.); (engl.) Design Science. (<http://deed.megan.ryerson.ca/Design Science>)

Designing is

- a purposeful activity directed towards the goal of fulfilling human needs (Asimow, 1962)
- a goal-directed problem-solving activity (Archer, 1964)
- a creative activity - it involves bringing into being something new and useful that has not existed previously. (Reswick, 1965)

Von einigen Autoren wird der Prozeßcharakter hervorgehoben:

- a **process** ... for prescribing objects and relationships to achieve some intended purpose (Churchman)
- Design is a process ... a **course of action** for the development of ... a system of artefacts; (Gorb & Dumas, 1987, S.151).
- „Als Konstruktionsprozess bezeichnet man den Ablauf aller Tätigkeiten..., die zur Konstruktion technischer Produkte geeignet sind.“ (Conrad<sup>7</sup>, S.60)

Eine quasi 'offizielle' Begriffsbestimmung wird in der VDI- Richtlinie 2223 vorgenommen:

„Konstruieren ist das vorwiegend schöpferische, auf Wissen und Erfahrung gegründete und optimale Lösungen anstrebende Vorausdenken technischer Erzeugnisse, Ermitteln ihres funktionellen und strukturellen Aufbaus und Schaffung fertigungsreifer Unterlagen. Als Teil des Entwickelns umfaßt es das gedankliche und darstellende Gestalten die Wahl der Werkstoffe und Fertigungsverfahren u. ermöglicht eine technisch und wirtschaftlich vertretbare stoffliche Verwirklichung. Konstruieren vollzieht sich in den zwei wohl zu kennzeichnenden, aber nicht streng zu trennenden Phasen Entwerfen und Ausarbeiten.“

## 1.2 Designprozesse - Komplexität

- Die zu entwerfenden Produkte werden komplexer.
- Im Designprozess sind viele Aspekte zu berücksichtigen - Herstellung, Anwendung, Kosten, Termine, Sicherheit, Zuverlässigkeit, Montage, Wartung, Instandhaltung, Transport, Verpackung, Entsorgung, Umweltverträglichkeit etc.  
Diese Aspekte können ihrerseits komplexen Bereichen ("domains" vgl. Kap.6) angehören; Herstellung kann beispielsweise komplexe Produktionsanlagen betreffen.
- Verschiedene Akteure sind beteiligt u/o betroffen - Kunden, Auftraggeber, User, Betroffene, stake holders; Experten verschiedener Disziplinen, die verschiedene Fachsprachen sprechen etc. Verschiedene Beteiligte können auch verschiedene Interessen verfolgen, unterschiedliche Werte vertreten.

Designing nimmt Ausgang von (Anforderungen – requirements - an ein zu konstruierendes Produkt / technisches System werden unterschieden)

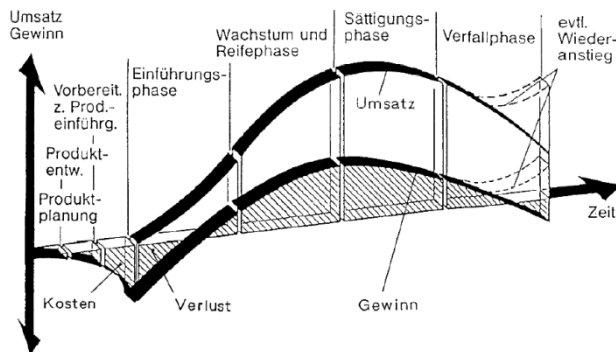
- **Design-Ziele**, Wünsche, Bedürfnisse ...
- **Constraints** – Kosten, Termine, Normen, gesetzliche Regelungen, Herstellung, Recycling, ...

**Requirements** sind oft widersprüchlich (Bs. Hohe Qualität – geringe Kosten) und Anforderungen in den verschiedenen angesprochenen Aspekte sind z.T. auf schwer vorhersehbare Weise voneinander abhängig.

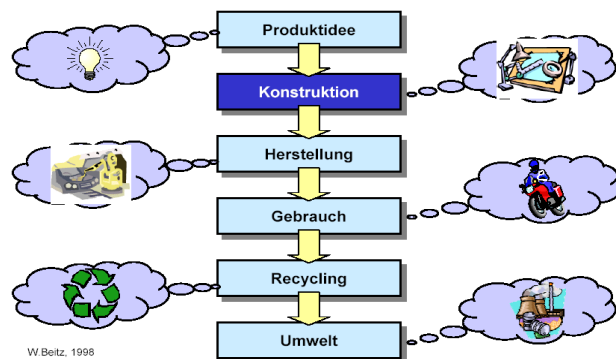
---

<sup>7</sup> Conrad Klaus-Jörg: Grundlagen der Konstruktionslehre. München, Wien, 2003

### 1.3 Stellenwert des Konstruierens in produzierenden Unternehmen

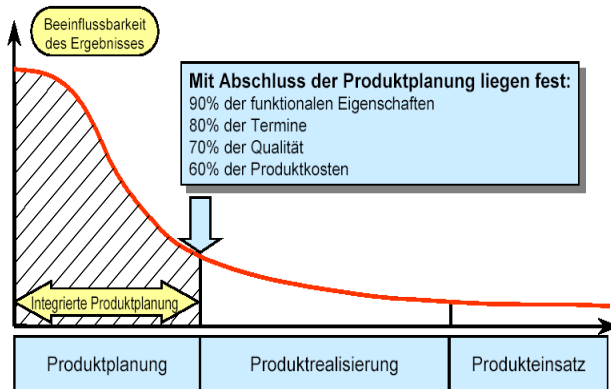


Hauptzweck produzierender Unternehmen ist es für Kunden Produkte zu erstellen und zu vertreiben. Produktentwicklung ist ein entscheidender Wettbewerbsfaktor für Unternehmen und darüber hinaus ganzer Volkswirtschaften. Die Entwicklung eines Produktes verursacht im Unternehmen zunächst Kosten; erst in der Einführung, wenn Produkte verkauft werden, trägt der Produkterlös zum Umsatz bzw. Gewinn bei.



Die Bedeutung des Konstruierens ist für ein produzierendes Unternehmen beträchtlich. Der Unternehmenserfolg wird weitgehend durch den Produkterfolg bestimmt ... Die Erfolgsverantwortung für das Produkt liegt wesentlich im Entwicklungs- und Konstruktionsbereich, d.h. in den früher Phasen der Produkterstellung.

Bild: Konstruktion im Produktlebenszyklus



Der Stellenwert der Konstruktion lässt sich daran ermesen, dass (wie Untersuchungen gezeigt haben) 90% der Produkteigenschaften, 60% der Produktkosten in den Frühphasen des Produktentwicklungsprozesses festgelegt werden.

	Phasen des Produkt-Lebenszyklus			
	Einführung	Wachstum	Reife & Sättigung	Rückgang
Umsatzvolumen	gering	schnell ansteigend	Spitzenabsatz	rückläufig
Kostenmerkmale	Hohe Kosten pro Kunde	Durchschn. Kosten pro Kunde	Niedrige Kosten pro Kunde	Niedrige Kosten pro Kunde
Gewinne	negativ	steigend	hoch	fallend
Kunden	Innovatoren	Frühadopter	breite Mitte	Nachzügler
Konkurrenten	Keine oder wenige	Zahl der Konkurrenten & Intensität der Konkurrenz nimmt zu	Gleichbleibend, dem Markt entsprechend, Tendenz nach unten	Zahl der Konkurrenten nimmt ab

## 2 Ingenieurwissenschaftliche Ansätze

### Prescriptive Design Research

Kesselring beklagte "... daß wir über die Ursachen ingenieurmäßigen Schaffens und insbesondere auch über den eigentlichen technischen Schöpfungsakt wenig Gültiges wissen. Wohl der größte Mangel besteht darin, daß das technische Schaffen noch so willkürlich, so sehr ... vom Zufall abhängig ist und zwar hinsichtlich seiner Zielsetzung als auch der Durchführung." (Kesselring F.: Technische Kompositionslehre. 1954, S.1f.)

„Konstruieren wird häufig noch mit Erfinden oder einer Kunst gleichgesetzt, die man als Begabung besitzt oder anwenden kann, um technische Gebilde zu entwickeln. Dabei kann niemand so recht nachvollziehen, wie eine Konstruktion entsteht.“ (Conrad, 2003, S.11)

Zur Bewältigung der Komplexität von Designing vorgeschlagen werden

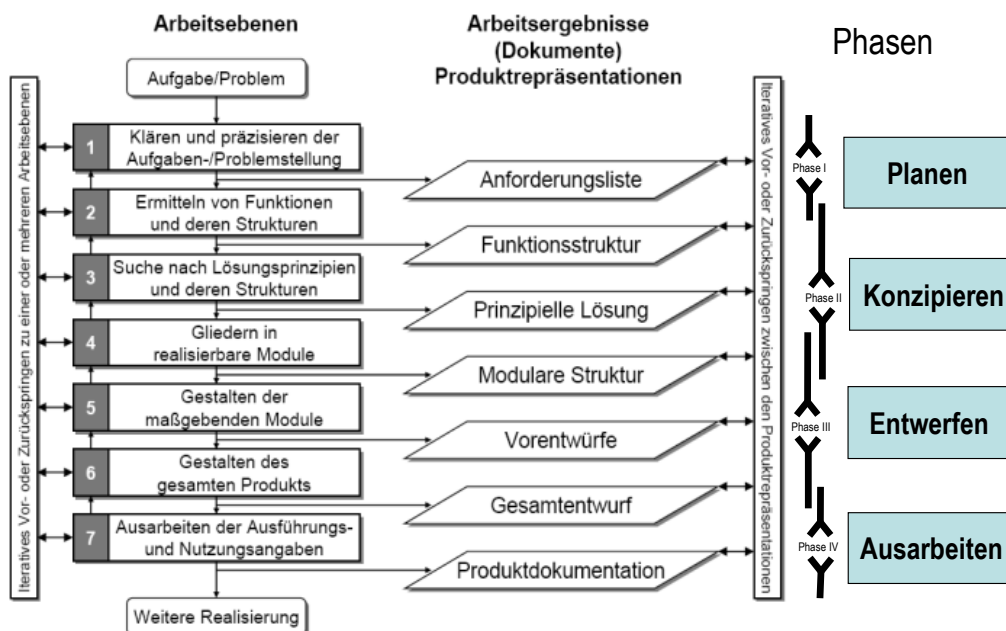
### 2.1 Design 'Methodologies' – Konstruktionsmethodik(en), -lehre

#### Vorgehensmodelle - Phasenschema

In nahezu allen Ingenieursdisziplinen lassen sich Überlegungen finden, wie Ingenieure beim Designing vorgehen (sollen). Vorgehensmodelle sind abstrahierende Beschreibungen von Vorgehensweisen. Sie streben i.a. ein ingenieurmäßiges, systematisches, methodisches Vorgehen im Designing an um Designprozesse planbar, optimierbar (rationalisieren) und dokumentierbar zu machen.

Ein allgemeiner Vorgehensplan wird in der VDI-Richtlinie 2221 formuliert.

#### Generelles Vorgehensmodell beim Entwickeln



nach VDI-Richtlinie 2221

**Bild 0-1 Vorgehensmodell**

Dieses Vorgehensmodell wurde von Konstruktionswissenschaftlern und leitenden Industriekonstruktoren erstellt und soll branchenübergreifend gelten. Es betont die Gemeinsamkeiten

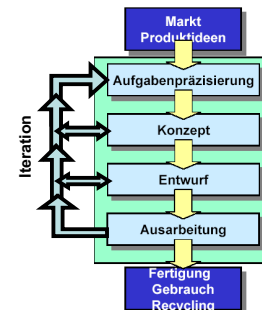


bei der Produktentwicklung bzw. den Designprozessen im Maschinenbau, der Feinwerktechnik, der Softwareentwicklung wie auch der Planung verfahrenstechnischer Anlagen.

„Die Richtlinie VDI 2221 behandelt allgemeingültige, branchenunabhängige Grundlagen methodischen Entwickelns und Konstruierens und definiert diejenigen Arbeitsabschnitte und Arbeitsergebnisse, die wegen ihrer generellen Logik und Zweckmäßigkeit Leitlinie für ein Vorgehen in der Praxis sein können.“ (VDI 2221, S.2)

Das Vorgehenmodell sieht eine grobe Strukturierung des Konstruktionsprozesses in vier Phasen:

- Phase I **Planen** Aufgabenstellung klären
- Phase II **Konzipieren** Konzept entwickeln
- Phase III **Entwerfen** Entwurfsarbeit durchführen
- Phase IV **Ausarbeiten** Unterlagen ausarbeiten



und sieben Arbeitsschritte vor, die so allgemein gehalten sind, daß produkt- und unternehmens-spezifische Vorgehensvarianten darunter gefaßt werden können. Den allgemeinen Arbeitsschritten können detaillierte Arbeitsabläufe jeweils zugeordnet werden. Betont wird der **iterative** Charakter der Abfolge (Rücksprünge von späteren auf frühere) der Arbeitsschritte. Konstruieren wird in Arbeitspakete aufgeteilt, die nacheinander und schrittweise abgearbeitet werden (sollen).

## Phase I Planen

### 1. Arbeitsschritt: klären und präzisieren der Aufgabenstellung

„Die erste Phase eines Entwurfs ... ist die schwierigste und problematischste zugleich ... aber auch die schönste Phase des Entwerfens, weil das Feld der möglichen Lösungen noch völlig offenliegt.“<sup>8</sup>

„Dazu gehören das Zusammentragen aller verfügbaren Informationen und das Erkennen von Informationslücken, das Überprüfen und Ergänzen der externen Anforderungen, das Hinzufügen unternehmensinterner Anforderungen sowie das Formulieren der Aufgabenstellung aus der Sicht des Konstrukteurs einschließlich bereits möglicher und notwendiger Strukturierungen.“ (VDI 2221)

Die Anfangsphase von Konstruktionsprozessen wird von den meisten Autoren in verschiedenen Designdisziplinen als besonders wichtig angesehen. In der Informatik wurde 'Requirements Engineering' etabliert (siehe dazu das gleichnamige Journal).

„Es gibt ... keine Phase in der Produkterstellung, die so ausschlaggebend für den Erfolg des Produkts ist wie die Aufgabenklärung. ... In den Anforderungen liegt der Kern des zukünftigen Produkts. In den meisten Fällen ist dem Auftraggeber (bzw. Kunden) nicht klar, was die Konstrukteure als Information im Detail braucht, bzw. die Konstrukteure wissen nicht recht, worauf es dem Auftraggeber ... ankommt. Man muß sich verständigen, Fragen und Antworten austauschen. Es soll möglichst nichts vergessen werden, was hinterher Anlaß zu Beanstandungen, Nacharbeit, Kostenerhöhung und damit zu Ärger und Auseinandersetzungen zwischen Kunden und Hersteller führen könnte. ... Dementsprechend sollte man gerade am Anfang alles tun, um die Kommunikation mit dem Auftraggeber bzw. Endkunden zu verbessern.“ (Ehrlenspiel<sup>9</sup> S.311)

### Was sind Anforderungen?

„Eine Aufgabe besteht aus der Summe aller Anforderungen.

Eine Anforderung (ist) die knappe und präzise Formulierung eines gewünschten Sachverhalts in der Sprache des Konstrukteurs...

<sup>8</sup> Joedicke Jürgen: Entwerfen und Gestalten. Stuttgart & Zürich, 1993; S.34

<sup>9</sup> Ehrlenspiel Klaus: Integrierte Produktentwicklung. München, 2002

Der wesentliche Lieferant der Anforderungen ist der spätere Nutzer des Produkts. (aber auch andere stakeholder können Anforderungen an das Produkt stellen).

Anforderungsarten unterscheiden - nach ihrer Wichtigkeit – in:

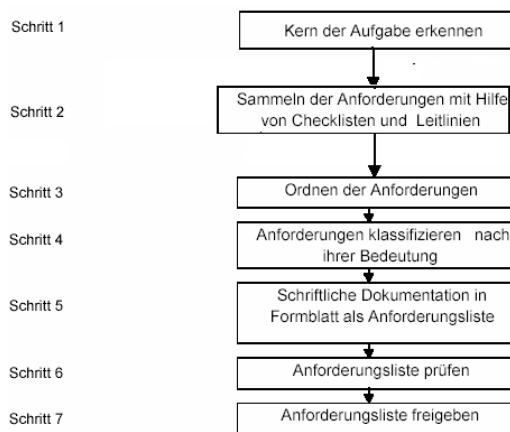
- Forderung müssen erfüllt werden
- Wünsche sollen nach Möglichkeit erfüllt werden

Es gibt auch Anforderungen, die nicht formuliert werden, weil sie implizite oder allgemein selbstverständliche Anforderungen sind – z.B. leichte Montage, günstige Fertigung etc.; solche Anforderungen können aber wesentlich sein. (Selbstverständliche Anforderungen können zu Missverständnissen führen, wenn nicht alle Beteiligte am Designprozess dieselbe Auffassung davon haben, was als 'selbstverständlich' gilt; und gerade weil z.B. Kunden einige Anforderungen für selbstverständlich erachten, werden sie diese nicht formulieren, obwohl diese für Designer vielleicht nicht so selbstverständlich sind.)

Die Gliederung der Anforderungen bildet auch die Grundlage für Kriterien für die spätere Beurteilung der Lösungsvorschläge.

Die Gesamtheit der Anforderungen stellt bereits eine abstrakte Beschreibung der Lösung dar.“ (ibid.)

Aus dem allgemeinen Vorgehensmodell sollen Vorgehenspläne für einzelne Branchen spezifiziert



werden. (Lehr)Bücher zur Konstruktionsmethodik bzw. »Konstruktionsschulen« gehen i.a. von ähnlichen Phasenschemata aus, beschreiben die auszuführenden Arbeitsschritte und empfehlen dafür gegebenenfalls Methoden. Nebenstehend ein Beispiel für weitere Unterteilung des ersten Arbeitsschritts "klären und präzisieren der Aufgabenstellung" bei der Produktentwicklung (nach Pahl u. Beitz) in sieben Unter-Arbeitsschritte

„Der Konstrukteur informiert sich über den Umfang der Aufgabe durch Lesen, Gespräche, Fragen und Klärung der geforderten Eigenschaften des Produkts. Dabei ist er in sehr engem Kontakt mit dem Auftraggeber, um dessen Wünsche und Vorstellungen möglichst genau zu erfassen.

Er muß alle Informationen in die Sprache der Konstrukteure umsetzen und dafür sorgen, daß nichts Wesentliches vergessen wird. Sehr vorteilhaft ist die Umsetzung der Aufgabe durch den Konstrukteur, der auch die Konstruktion ausführen wird, weil bei dem Umsetzen der Forderungen und Wünsche bereits das Nachdenken über die konstruktiven Lösungsmöglichkeiten und deren Realisierung beginnt. Sehr wichtig ist eine möglichst vollständige Klärung aller Punkte der **Aufgabenstellung** durch Fragen...“ (Conrad<sup>10</sup>, S.70)

### Anforderungen dokumentieren

„Parallel zur Anforderungsklärung werden die Anforderungen dokumentiert und in einem **Formular**, der so genannten **Anforderungsliste**, festgehalten. Die Dokumentation der erarbeiteten Anforderungen ist notwendig, um im weiteren Verlauf der Produktentwicklung gezielt darauf zugreifen zu können. Eine Anforderungsliste hilft uns, während der Entwicklung stets alle relevanten Informationen konsistent und aktuell verfügbar zu haben. Bei der Bewertung und Auswahl von Lösungsmöglichkeiten greifen wir ebenfalls auf die Anforderungsliste zurück, da sie uns Anhaltspunkte für die Gewichtung von Bewertungskriterien liefert. Ein Teil der Anforderungsliste ist häufig auch Bestandteil von Verträgen zwischen Kunde und Hersteller.“ Lindemann, 2005, S05)

<sup>10</sup> Conrad Klaus-Jörg: Grundlagen der Konstruktionslehre. München, Wien, 2003

## Anforderungsliste

Das **Arbeitsergebnis** des ersten Arbeitsschritts wird in der **Anforderungsliste** dargestellt.

Die Anforderungsliste ist dann Informationsgrundlage für die folgenden Arbeitsabschnitte.

Richtlinien zur Darstellung des ersten Arbeitsschritts in einer Anforderungsliste (nach Lindemann):

Eine **Anforderungsliste** ist eine

- schriftlich formulierte,
- umfassende,
- geordnete,
- quantifizierte
- mit Prioritäten (Forderung, Wunsch) versehene Sammlung der Anforderungen an ein Produkt.

**Formulierung der Anforderungen** muss

- lösungsneutral,
- positiv formuliert,
- klar, eindeutig sein und
- auch vermeintlich selbstverständliche Punkte umfassen.

**Anforderungen** sollen

- anspruchsvoll, aber erreichbar und falls möglich quantifizierbar und
- skizzierbar sein.

**schlecht formuliert**

- günstig
- Verwendung von rostfreiem Stahl
- ....

**gut formuliert**

- Herstellkosten kleiner als ...€
- korrosionsfreie Ausführung
- ....

*Merkmale einer Anforderungsliste*

Nr.	Anforderung	Zahlenwert mit Toleranz	Anforderungsart (F/W)	Ursprung/Erläuterung	Quelle (Name/Datum)	Modifikationen (Beschreibung, Verantwortlicher, Datum)
Geometrische Anforderungen						
1	Maximale Höhe	170mm ± 0,2mm	F	Kundenforderung	Müller 27.09.00	
2	Maximaler Durchmesser	65mm ± 0,1mm	W	Fertigungsmöglichkeiten	Braun 27.09.00	Nach Rücksprache mit Fertigung von 55mm auf 65mm erhöht (Riedl, 29.09.00)
3	...					

fortlaufende Nummerierung, Klassifizierung, Hintergrundinformationen, Dokumentation von Modifikationen, Struktur, Anforderungen, Quantifizierung, Veranlasser, Zeitpunkt des Eintrags

## Phase II – Konzipieren

„In der zweiten Konstruktionsphase – werden Konzepte entwickelt um die prinzipielle Festlegung von konstruktiven Aufgaben zu erreichen. Voraussetzung für die Durchführung dieses Arbeitsabschnitts ist eine vollständig geklärte Aufgabenstellung durch eine vorliegende Anforderungsliste.“ (Conrad, S.89)

„Konkrete Anforderungen werden zunächst in eine abstraktere Funktion umformuliert. Diese ist dann Ausgangspunkt für die Suche nach immer noch abstrakten, prinzipiellen Lösungen (Konzept) (Arbeitsschritt 3). Diese werden dann schrittweise konkretisiert (z.B. in einem Entwurf), bis schließlich die konkrete Lösung (z.B. in der Fertigungsdokumentation) erreicht ist.“ (Ehrlenspiel, S. 67)

Abstrahieren heißt Absehen von etwas für die jeweilige Zielsetzung Unwesentlichem. Abstrahieren hilft, Komplexität zu reduzieren.

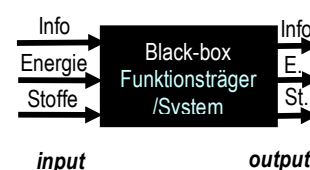
### 2. Ermitteln von Funktionen

Eine Funktion im Sinne der Konstruktionsmethodik ist die lösungsneutrale Formulierung eines gewollten Zwecks eines technischen Gebildes; bzw. der allgemeine Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsgrößen.

Darstellen der Funktionen mittels black-box

= allgemeine Beschreibung eines Funktionsträgers bzw. technischen Systems.

Eingangs- (input) und Ausgangsgrößen (output) können unterschieden werden in Informationen, Energie und Stoffe.

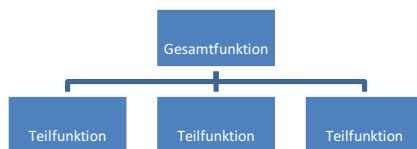


Empfohlen wird weiters die Aufgliederung eines Problems in Teilprobleme. Dem „liegt die Annahme zugrunde, dass sich das Gesamtproblem (die Gesamtfunktion) soweit in Teilprobleme (Teilfunktionen) aufspalten lässt, bis sich dafür – relativ unabhängig voneinander – Teillösungen (Teilfunktionsträger) finden lassen, die schließlich zu einer Gesamtlösung zusammengesetzt werden können.“ (ibid. 68)

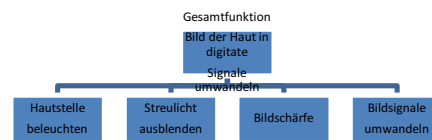
- ermitteln der Gesamt- und der Teil-Funktionen
- gliedern und kombinieren zu Strukturen bilden die Grundlagen zum Suchen nach Lösungen;
- komplexe Produkte erfordern die Verknüpfung von Teilfunktionen zu Funktionsstrukturen

### Arbeitsergebnis = Funktionsstrukturen

Darstellung → Funktionsbaum



Beispiel: Funktionsbaum für das Gerät aus der Fallstudie (rekonstruiert, nicht beobachtet)



**3 suchen nach Lösungsprinzipien** für wesentliche Teilfunktionen durch:

- Rückgriff auf Erfahrung
- Analogiebildung;
- intuitive ‚Methoden‘, v.a. Kreativitätstechniken (z.B. Brainstorming, -writing, u.a.);
- Systematische Suche in Lösungssammlungen;

Als eine Methode zur systematischen Lösungssuche vorgeschlagen wird der **morphologischer Kasten**.

Für jede Teilfunktion  $F_i$  werden mögliche Lösungen gesammelt. Aus der Kombination von Teillösungen können mehrere Lösungen für die Gesamtfunktion erstellt werden, wobei nur sinnvolle bzw. verträgliche Lösungskombinationen aufzunehmen sind;

Teilfunktionen	Lösungsprinzipien			
	$L_{11}$	$L_{12}$		$L_{1m}$
$F_1$				
$F_2$				
$F_i$			$L_{ij}$	
$F_n$	$L_{n1}$			

Für viele (Teil)Funktionen liegen in **Konstruktionskatalogen** mögliche technische Lösungen geordnet gesammelt vor, die zur Lösungssuche verwendet werden können.

Bild 0-2 zeigt einen kurzen Auszug aus Roth, 1994.

Zeile 1 führt verschiedene mögliche Lösungen (Wirkprinzipien) für die Teilfunktion - ‚umwandeln elektrischer in mechanische Energie‘ an; Zeile 2 - ‚umwandeln elektrischer in hydraulische Energie‘; usw.

Wirkprinzip	1		2		3		4		5		6		7		8	
Teilfunktion	1		2		3		4		5		6		7		8	
1	elektrisch ↑ mech.	Elektromotoren versch. Bauart	Linearmotor	Elektrostriktion	Magnetostriktion	Piezquarz	Kondensator	Elektromagnet								
2	elektrisch ↓ hydraul.	Hydrostat, Verdrängereinheiten (Pumpe od. Motor)	Hydrodynamisches Prinzip (Pumpe od. Turbine)	MHD-Effekt	Elektroosmose, Elektrophorese											
3	mech. ↑ mech.	Schraubgetriebe	Rädergetr.	Kurvengetriebe	Kurbelgetriebe	Kombinierte Getriebe	Plötzliche Fixierung	Hebel	Zugmittelgetr.							
4	mech. ↓ hydraul.	Schubkolben	Schraubpumpe bzw. -motor	Zahnpumpe bzw. -motor	Flügelzellenpumpe bzw. -motor	Axialkolbenpumpe bzw. -motor	Radialkolbenpumpe bzw. -motor	Hydrodynamisches Prinzip	Auftriebseffekt							
5	Energie speichern	Mechanische Energie				Elektrische Energie				Hydraulische Energie						
		Schwungrad (Rot.)	Schwungmasse (Transl.)	Potentielle Energie	Formänderung	Batterie	Kondensator (elektr. Feld)	Hydrospeicher (a) Blasenop. (b) Kalibrosa. (c) Membranop. (Druckenergie)	Flüssigkeitssp. (Pal. Energie)							

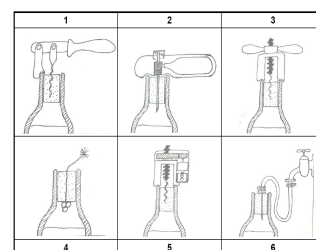
Bild 0-2 Ausschnitt aus: Roth K.: Konstruieren mit Konstruktionskatalogen, Berlin 1994

Beispiel<sup>11</sup>: Systematische Lösungssuche mit der Methode

Der morphologische Kasten (rechts) zeigt prinzipielle Lösungen für Teilfunktionen der Funktion ‚Korken aus einer Weinflasche entfernen‘ (der Korken soll in einem Stück aus der Flasche entfernt werden)

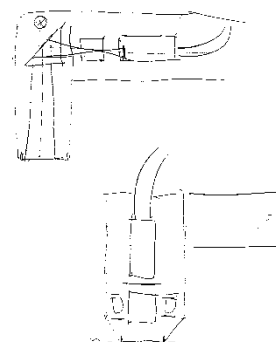
		Teillösung 1	Teillösung 2	Teillösung 3	Teillösung 4	Teillösung 5	Teillösung 6
Teilfunktion 1	Energie bereitstellen	Mechanische Energie (Muskelenergie)	Mechanische Energie (Pneumatisch)	Mechanische Energie (Hydraulisch)	Elektrische Energie	Chemische Energie	
Teilfunktion 2	Ausbringkraft wandeln / leiten	Stab	Getriebe	Kniehebel	Hebel	Druckkraft	Elektromotor
Teilfunktion 3	Ausbringkraft auf Korken übertragen	Spindel (KFK)	Reibung	Druck	Kleben (Adhäsion)		

daraus mögliche Lösungskombinationen, wobei einige der Lösungen (Lösung 4) wahrscheinlich als unverträglich auszuschneiden sind.



**Arbeitsergebnis** = eine od. mehrere **prinzipielle Lösungen**, die die Wirkstrukturen zur Erfüllung einzelner Funktionen od. Funktionsstrukturen darstellen –

Darstellung → Schaltung, Beschreibung oder Prinzipskizze (wie im Bs. ‚Korkenzieher‘; bzw. Bs. Skizzen der prinzipiellen Anordnung der



<sup>11</sup> nach Lindemann

Komponenten (Teillösungen) aus der Fallstudie – siehe Kap. 3.2)

### Lösungsvarianten bewerten und eine Lösung auswählen

Konstruktionsmethodiken empfehlen, mehrere prinzipielle Lösungsvarianten zu generieren und danach die optimale Lösung auszuwählen. Dazu sind die Lösungsvarianten zu bewerten.

Grundlage der Bewertung ist der Vergleich von Eigenschaften einer Lösung mit den vorgegebenen Zielen. „Um Lösungsvarianten zu beurteilen, sind Bewertungskriterien erforderlich. Diese ergeben sich aus den Zielgrößen, die ... vor allem aus den Anforderungen der Anforderungsliste bestehen.“ (Conrad, S.116). Dies ist ein weiterer Grund, warum der ersten Phase bzw. dem ersten Arbeitsschritt im Vorgehensmodell besondere Wichtigkeit beigemessen wird.

## Phase III Entwerfen

**4 Prinzipielle Lösung** in realisierbare Module gliedern (bei komplexen Produkten) – zur Aufteilung der Konstruktionsarbeit; Baugruppen parallel, getrennt bearbeiten

Arbeitsergebnis = **modulare Struktur** die (Unterschied Fkt.- Wirkstruktur) Gliederung der Lösung in reale Elemente und deren Verknüpfung erkennen lässt.

Darstellungsformen: Anordnungsskizzen, Logikpläne, Struktogramme, Fließbilder

Beispiel aus Fallstudie "Auflichtmikroskop": Skizze - Anordnung der Komponenten

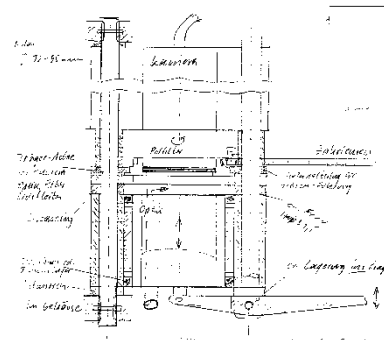
### 5 (grob) gestalten der Module

soweit konkretisieren bis erkennen u. auswählen des Gestaltungsoptimum möglich wird

Arbeitsergebnis = **Vorentwürfe**,

Darstellung -> grobe maßstäbliche Zeichnung

Beispiel aus Fallstudie: Vorentwurf (erstellt in der Designsession aus der Extrakte aus dem Transkript angeführt werden - unten)



## Phase IV Ausarbeiten

### 6 Feingestalten

Arbeitsergebnis = **Gesamtentwurf** –

Darstellung -> Zeichnung

### 7 Ausarbeitung

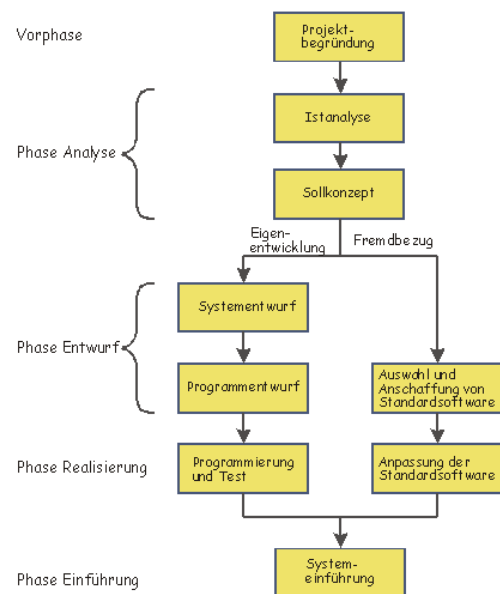
Arbeitsergebnis = **Produktdokumentation**

Darstellung – Gesamt-, Einzelteilzeichnungen, Stücklisten

Beispiel aus Fallstudie (Zusammenstellungszeichnung, mit Stückliste)



## 2.3 Vorgehensmodelle - Entwicklung von Softwaresystemen.<sup>12</sup>



Das Konzept des Systems Engineering (Systemtechnik) als „Gesamtheit von Methoden zur Strukturierung und Entwicklung komplexer Systeme“ (251) Der Gesamtprozess besteht aus mehreren aufeinanderfolgenden Stufen ... Fast alle Vorgehensmodell orientieren sich heute an folgenden vier Phasen

In der Vorphase *Projektbegründung* wird zunächst ein Projektauftrag definiert und grobe Zielvorstellungen über die Realisierungsmöglichkeiten der beabsichtigten Systems entwickelt.

Die Phasen *Analyse* und *Entwurf* gelten den Fragen was das System leisten soll und wie das System realisiert werden soll.

Der erste Schritt in der Analysephase besteht in einer *Ist-Analyse*, d.h. dem Ist-Zustand – v.a. Schwachstellen.

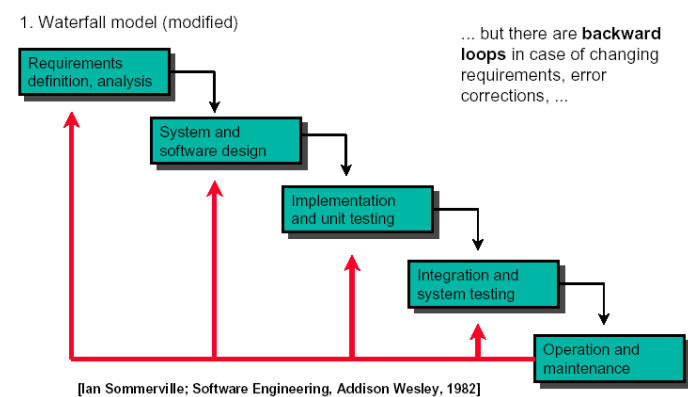
Im zweiten Schritt wird ein *Soll-Konzept* entwickelt. Dazu werden zuerst die Anforderungen der späteren Anwender an das geplant Anwendungssystem ermittelt.“ (232) Ausgehend von diesen Anforderung und Schwachstellen des Ist-Zustandes wird ein Entwurf (Inhalt, Arbeitsabläufe, Nutzungsmöglichkeiten) festgelegt. Zumeist wird erst gegen Ende der Analyse – in einer Kosten/Nutzen Analyse - entschieden, ob das Anwendungssystem realisiert werden soll.

In der *Entwurfsphase* wird aus dem Soll-Konzept der Systementwurf abgeleitet, insbesondere werden die Datenstrukturen (Datenmodellierung), die Funktionen (Funktionsentwurf) und die Prozessabläufe (Kontrollflüsse) festgelegt. Der Systementwurf ist in Programmspezifikationen umzusetzen und daraus ein Programmwurf zu formulieren.

In der *Realisierungsphase* erfolgt Programmierung.

Die Unterteilung des Entwicklungsprozesses in Phasen soll helfen

- durch Zerlegung in überschaubare, zeitlich aufeinanderfolgende Teilaufgaben die Komplexität des Prozesses reduzieren und
- durch Vorgaben von Phasenzielen mögliche Fehler zu erkennen und auch Änderungen zu berücksichtigen.



Für jede Phase ist festzulegen Was, Wie, Wann von Wem zu tun ist.

Wird gefordert, dass jede Phase vollständig abzuschließen ist, bevor die nächste begonnen wird, spricht man vom **Wasserfallmodell**. Dem steht entgegen, dass sich Anforderungen im Prozess ändern können. Es wird daher von dem strengen Phasenmodell zu einem **Zyklusmodell** übergegangen in dem

<sup>12</sup> Stahlknecht P. & U. Hasenkamp: Einführung in die Wirtschaftsinformatik. Berlin et.al. 1999.



Phasen übergreifend bzw. (möglichst wenig) iterativ durchgeführt werden.

Empfohlen wird strenge Phaseneinteilung bei »wohlstrukturierten« Problemen (dh. eindeutige Anforderungen) und zyklische Vorgehensweise bei »schlecht strukturierten« Problemen zu bevorzugen.

An den Phasenmodellen ist auch kritisiert worden, dass sie dazu führen, den Benutzern erst relativ spät prüffähige Versionen zur Verfügung zu stellen anhand der sie Änderungswünsche vorbringen können.

Als eine alternative Vorgehensweise ist u.a. *Prototyping* vorgeschlagen worden: die Entwicklung eines ablauffähigen Musters in Form einer Vorabversion, mit der experimentiert werden kann.

Wie oben für Produktentwicklung im Maschinenbau wird vorgegeben, wie in den Phasen vorzugehen ist; Methoden und Darstellungstechniken werden vorgeschlagen.

Beispielhaft angeführt seien hier **Methoden** (die auch für die Produktentwicklung angewendet werden) für den ersten Arbeitsschritt - klären und präzisieren der Aufgabenstellung bzw. der Erhebung des Ist-Zustandes und des Soll-zustandes vorgeschlagen werden:

- Unterlagenstudium (Dokumentenanalysen)
- Schriftliche Befragung - Fragebogen
- Mündliche Befragung - Interview
- Besprechungen
- Beobachtung
- Ethnographische Erhebung

Die Ergebnisse der Erhebungen sind darzustellen; dazu werden

**Darstellungstechniken** vorgeschlagen. Diese sollen – so eine Richtlinie - verständlich, vielseitig einsetzbar und auch änderbar sein.

Darstellungsmethoden werden unterscheiden in graphische, tabellarisch, textliche.

- Strukturierter Text
- Hierarchiediagramme
- Datenflußpläne
- Balkendiagramme, Rasterdiagramme, Entscheidungstabellen

### Strukturierter Text

(Bs. Bearbeitung einer Kundenbestellung)

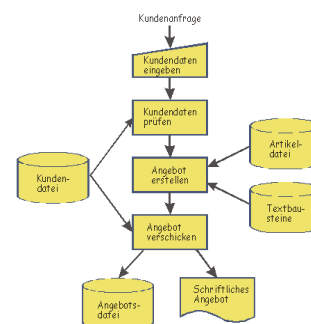
Falls Artikel lieferbar,  
prüfe Zahlungsverhalten des Kunden.  
Falls Zahlungsverhalten o.k.,  
liefere per Rechnung,  
andernfalls  
liefere per Nachnahme.  
Andernfalls (d.h. falls Artikel nicht lieferbar)

### Hierarchiediagramme, Funktionsbaum (entspricht Funktionsstruktur, oben)

Sie werden im strukturierten Systementwurf und zur Beschreibung von Datenstrukturen (in hierarchischen Datenbankmodellen) verwendet.

**Datenflußpläne** (flowcharts) zeigen (nach DIN443000) „das Fließen von Daten im Zuge auftragsgemäßer Verarbeitung“, dh. den Datenfluß durch ein System m.H. von Symbolen (z.B nach DIN 66001) und „orientierten Verbindungslinien“ in Form von Pfeilen.

Datenflußpläne werden auch zur Darstellung (manueller) Arbeitsabläufe benutzt; wie also auch für die Darstellung der Arbeitsabläufe beim Designing in den Vorgehensmodellen. Flowchart beschreiben Prozesse mit einem klaren Beginn und Ende, in-/ output, klaren Eingaben und Ergebnissen von Arbeitsschritten.



## 2.4 Zu den Grundlagen von Design Methodologies

Was ist eine Methode?

methodos (gr.): das Nachgehen, der Weg zu etwas hin

“A design method is a normative scheme that specifies in detail a certain working procedure, the activities to perform, and also a specific order in which the activities should be carried out.”<sup>13</sup> (p.19)  
Siehe exaktere Definitionen weiter unten im Text.

„Unter dem Begriff Methode wird die Beschreibung eines regelbasierten und planmäßigen Vorgehens verstanden, nach dessen Vorgabe bestimmte Tätigkeiten auszuführen sind. Methoden sind präskriptiv, das heißt als eine Vorschrift zu verstehen. Sie sind zielorientiert, also auf die Lösung eines Problems oder einer Aufgabenstellung fokussiert. Durch ihren operativen Charakter unterscheiden sich Methoden von einem Vorgehensmodell oder einem Grundprinzip. Auch sind sie formaler beschrieben, so dass nicht nur dargestellt wird was, sondern auch wie etwas auszuführen ist. Vorgehensmodelle und Prinzipien helfen uns eher bei der Navigation im Sinne des „Was“, Methoden führen zu den konkreten Arbeitsschritten im Sinne des „Wie“.

Methoden bieten Vorschläge für die Abfolge bestimmter Tätigkeiten an.“ (Lindemann, 2005; S. 48’)

Es sind viele Design Methoden vorgeschlagen worden.

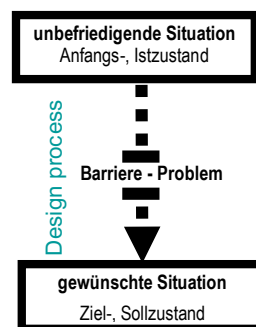
Den meisten Konstruktionsmethodiken gemeinsam ist, dass der Designprozess in Flussdiagrammen, d.h. als Datenfluss dargestellt bzw. als Informationsverarbeitungsprozess konzipiert wird:

Designprozess = Informationsverarbeitungsprozess.

### 2.4.1 Designing als Problemlösen

Designing wird in ing.wiss. Ansätzen als ein Teil eines generellen Problemlöse-verhaltens aufgefasst.

**Was ist ein Problem?** - Definitionen



„Das Problem ist die Lücke zwischen dem Ort, wo Du bist, und dem Ort, wo Du hinwillst.“ (Hayes)

“Eine Person ist mit einem Problem konfrontiert, wenn sie etwas wünscht und nicht sofort weiß, welche Serie von Handlungen sie ausführen muss, um es zu erhalten.“ (Newell & Simon, 1972). Vgl. Simon’s Definition von Designer in Kap 1.1;

Demnach kann man Probleme von Aufgaben unterscheiden. „Aufgaben sind geistige Anforderungen, für deren Bewältigung Methoden bekannt sind. Sie erfordern nur reproduktives Denken, beim Problemlösen aber muss etwas Neues geschaffen werden.“ (Dörner)

Methoden, so kann man in einer Annäherung den beiden Zitaten entnehmen, kennt man, wenn man „weiß, welche Serie von Handlungen (in den Kognitionswissenschaften wird allg. von Operatoren gesprochen; siehe unten) (man) ausführen muss um es (die erwünschte Situation) zu erhalten.“

„Ein Mensch steht einem Problem gegenüber, wenn er einen unerwünschten Anfangszustand in einen erwünschten Zielzustand überführen will, aber noch nicht weiß, wie, d.h. mit welchen Mitteln, oder wie überhaupt der Zielzustand aussehen soll.“ (Ehrlenspiel, 1995, S.47)

<sup>13</sup> Gedenryd Henrik (1998): How designers work. Lund. (<http://lucs.fil.lu.se/people/henrik.gedenryd>)

Ein Problem ist also gekennzeichnet durch drei Komponenten:

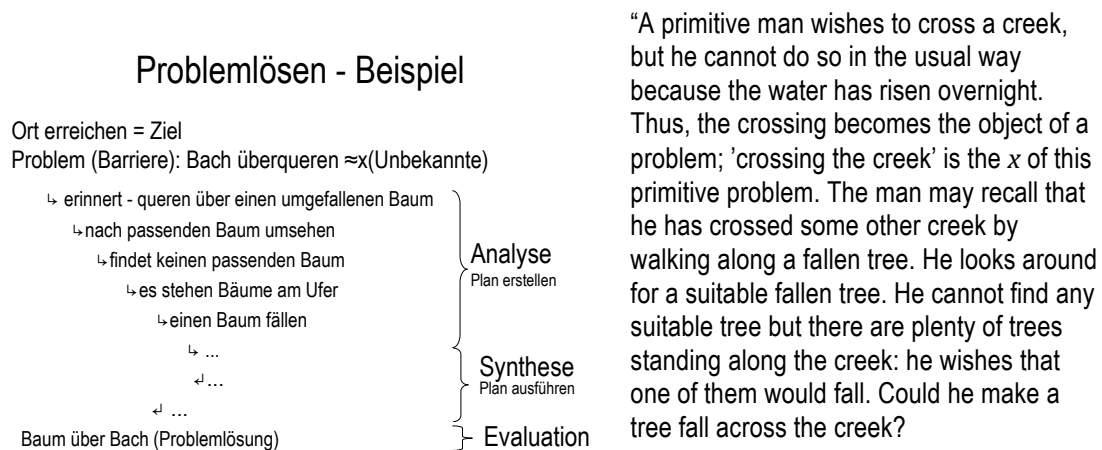
- 1) Unerwünschter Anfangszustand  $s_a$ ,
- 2) Erwünschter Zielzustand  $s_w$ ,
- 3) Barriere, die die Transformation von  $s_a$  in  $s_w$  im Moment verhindert.

Unterschieden werden **gut- und schlecht-definierte Probleme** charakterisiert durch:

- gut / schlecht definierter Anfangszustand, d.h. der Problemlöser kennt / kennt nicht alle wesentlichen Merkmale der Ist-Situation (es besteht ein Diagnoseproblem)
- gute / schlechte Verfügbarkeit des Problemlösers über Operatoren (z.B. zur Verfügung stehende Mittel), mit denen die Barriere überwunden werden kann.
- gut / schlecht definierter Zielzustand, d.h. wie genau kann die gewünschte Situation beschrieben werden damit ein Problemlöser entscheiden kann, ob der Zielzustand erreicht ist oder nicht.

## Problemlösen

Eine Beschreibung der allgemeinen Struktur menschlichen Problemlöseverhalten, auf den der Problemlöseansatz basiert, hat der Mathematiker G. Polya vorgelegt. Polya illustriert seine Analyse anhand des fiktiven Beispiels des Problemlöseverhaltens eines sog. 'primitive men' der einen Fluß überqueren (=Ziel) möchte (das Beispiel entspricht der Definition von Hayes, oben):



This succession of ideas should be called analysis ... What will be the synthesis? Translation of ideas into actions. The finishing act of the synthesis is walking along a tree across the creek.

The same objects fill the analysis and the synthesis; they exercise the mind of the man in the analysis and his muscles in the synthesis; the analysis consists in thoughts, the synthesis in acts. There is another difference; the order is reversed. Walking across the creek is the first desire from which the analysis starts and it is the last act with which the synthesis ends....

Analysis comes naturally first, synthesis afterwards.

Analysis is invention, synthesis execution;

*analysis is devising a plan, synthesis carrying through the plan.*" (p.145)

The analysis makes a chain, from crossing the creek to walking on a fallen tree, to finding a suitable tree, to felling a tree on the bank of the river, etc. The synthesis carries out what the analysis has thought out, in the reverse order.

"If you cannot solve a problem, then there is an easier problem you cannot solve: find it".(Polya<sup>14</sup>)

<sup>14</sup> (George Pólya: How to solve it. 1949)

## 2.4.2 The fundamental principles of design methodologies (nach Gedenryd)

### Separation

Ein grundlegendes Prinzip der meisten Design-Methodologien ist die **Unterteilung** (separation) von Designprozessen in getrennte Phasen. Unterscheiden sich verschiedene Phasenmodelle in der Anzahl und Bezeichnung der Phasen und weiteren Details, so beruhen Phasenmodelle auf der Unterteilung von drei (im Problemlöseansatz formulierten) grundsätzlichen Schritten, die getrennt auszuführen sind.

„The most important separation is to divide the design process into three major phases:

- **analyzing** the problem
- **synthesizing** a solution
- **evaluating** the outcome

Design methods normally make additional separations. In particular, the three major stages are often divided further into several smaller sub-activities (vgl. Vorgehensmodelle).

The principle of separation says that different functions of the design process are performed as separate activities. With respect to analysis and synthesis, one can say that design activity must serve two functions: understanding the problem and producing a solution. Separation then means that each of these two functions is worked on in a separate phase.

### Logical order

The second principle concerns the imposition of an order among the activities of a design method. ... The working order is a necessity that follows directly from separation...: If you do separate analysis from synthesis, then you must perform the analysis before the synthesis, as you have to have to understand the problem before you produce the solution. The same goes for evaluation, it requires that you have something to evaluate, and so must follow synthesis.

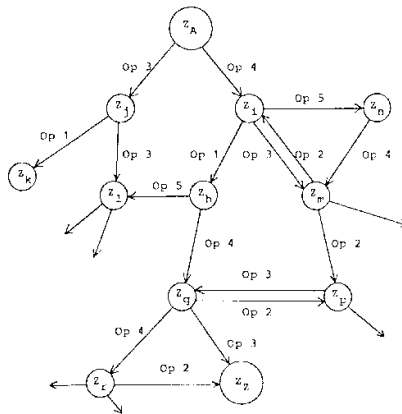
And conversely, if you do not separate the process into distinct phases then there is nothing to order, so an ordering doesn't make sense. The ordering among the activities is a logical consequence of the purpose that each serves. It is therefore the logical order.

„Aufgrund innerer logischer Zusammenhänge ist die Reihenfolge, in der jede Phase auf die andere folgt, genau festgelegt und praktisch unabhängig von der Problemstellung. Der Übergang von der ersten Phase zur nächsten erfolgt über die Anforderungsliste“ (VDI 2221, S.30)

### Planning

Whereas the logical order concerns the relation between different phases, the third principle aims to lay down the organization of the design activities in even greater detail, to include the activity within a phase. Because of the size and complexity of design problems, each of the three major phases is quite complex. Without an internal order, each phase would be a large, unstructured activity, left by the methodologist for the eventual designer to decide. Planning consists in setting up a strategy, a plan, for how a particular activity should be performed. The prototypical case is when a plan is set up as the final part of the analysis, and the course of action in the synthesis is thereby laid down before this activity begins. The central idea of planning is that of letting the work of the synthesis phase be determined in advance during analysis.

The principles taken together yield a resulting schema that is more complex than the basic three-stage version. Examples of the elaborated version are the classical “waterfall” model and ‘structured design methods’.



Beispiel für einen Problemraum

Operatoren: Op 1, Op 2, Op 3, Op 4, Op 5 : Anfangszustand  $z_A$ , Zielzustand  $z_z$ , Zwischenzustände  $z_1, z_2, \dots$

Basierend auf dem Problemlöseansatz wird in der Kognitionswissenschaft ein Planungsmodell des Problemlöseverhaltens vertreten. Ausgegangen wird vom Konzept des Problemraumes. Ein **Problemraum** ist der 'Raum' zwischen Ist- und Zielsituation. **Problemlösen** besteht im **Suchen eines Lösungspfad** im **Problemraum**, von einem (unerwünschten Anfangs-) Zustand zu einem (erwünschten Ziel-) Zustand. Angenommen wird, daß es einerseits einen 'objektiven' Problemraum gibt, der die möglichen Zustände und die Operatoren enthält, und andererseits einen 'subjektiven' Problemraum, der - je nach Kenntnis des Problemlösers - einen mehr oder weniger großen Teilbereich des objektiven Problemraumes umfaßt. Angenommen wird weiters, dass es einen optimalen, rationalen 'Pfad' durch den Problemraum gibt von dem Problemlöser, z.B aufgrund mangelnder Kenntnisse von Operatoren oder störenden Einflüssen,

abweichen können (vgl. das deskriptive Modell am Anfang des nächsten Kap. 3).

Erfolgt die Suche eines Lösungspfad systematisch, methodisch dann handelt es sich um einen **Algorithmus**; gibt es keine systematischen Pläne, oder sind sie zu aufwendig und unpraktikabel, wird auf Heuristiken (z.B. 'Faustregeln') zurückgegriffen.

Ein **Plan** wird als eine vollständige Verhaltensbeschreibung begriffen, die als Folge von Instruktionen dienen kann. Er steuert eine vorgeschriebene Reihe von Handlungen in der richtigen Reihenfolge „Für einen Organismus ist ein Plan im wesentlichen dasselbe wie ein Programm für den Computer.“ (Miller, 1973)

Unter **Methode** - das ist eine exaktere Definition - wird eine Menge von Vorschriften verstanden, deren Ausführung eine zweckmäßig erachtete Operationsfolge (=Plan) unter gegebenen Bedingungen hinreichend sicherstellt, d.h. einen Prozeß festlegt, der zu vollziehen ist, um ein Ziel zu erreichen. Methoden sollen unabhängig von der Person stets in gleicher Weise wirken. Das 'Leitbild' von Konstruktionsmethoden besteht oft darin, einen Algorithmus anzustreben, der personenunabhängig, d.h. ohne Bezug auf personenbezogenes Wissen, Können und Erfahrung, durchgeführt und im weiteren auf Maschinen simuliert werden kann.

### Methode und Rationalität

The best description of the relation between rationality and design methods, and methods in general, is given by Parnas & Clements<sup>15</sup>:

“A perfectly rational person is one who always has a good reason for what he does. Each step taken can be shown to be the best way to get to a well defined goal. Most of us like to think of ourselves as rational professionals. However, to many observers, the usual process of designing software appears quite irrational. Programmers start without a clear statement of desired behavior and implementation constraints. They make a long sequence of design decisions with no clear statement of why they do things the way they do. Their rationale is rarely explained.

Many of us are not satisfied with such a design process. That is why there is research in software design, programming methods, structured programming, and related topics. Ideally, we would like to derive our programs from a statement of requirements in the same sense that theorems are derived

<sup>15</sup> Parnas D. & Clements P. (1986) A rational design process: how and why to fake it. IEEE Transactions on Software Engineering 12(2), pp.251-257.

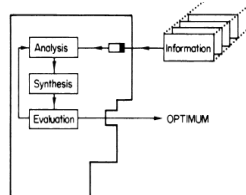
from axioms in a published proof. All of the methodologies that can be considered 'top down' are the result of our desire to have a rational systematic way of designing software." (p.251)

The search for design methods is motivated by the desire for a rational design process. Parnas&Clements regard formal proofs as the model for rational design methods.

Design-Lösung (methodisch, rational) aus requirements ableiten

geg.: requirements (Ziele, constraints)

ges.: design-Lösung



Jones Ch. (2000) Design Methods

"The picture of the **rational, or systematic, designer** is ... a human computer, a person who operates only on the information that is fed to him, and who follows through a **planned sequence of analytical, synthetic, and evaluative steps** and cycles until he recognizes the best of all possible solutions."

**Ingenieurwissenschaftlicher Ansatz** – Zusammenfassung einiger Charakteristika:

Ziele des Ansatzes – der Konstruktionsmethodiken

Den Designprozess zu

- rationalisieren ("Rationalisieren heißt vernunftgemäß handeln"<sup>16</sup>)
- simulieren bzw. automatisieren
- lehrbar machen

Rationales Vorgehen ist wissenschaftlich zu bestimmen

→ "generelles Vorgehensmodell"

- unabhängig vom tatsächlichen (beobachtbarem) Vorgehen
- Präskriptiv
- (Design) Praxis = (Design) Wissenschaft anwenden  
(Design) Wissenschaft produziert Wissen – (Design) Praxis wendet Wissen an

Annahmen, Voraussetzungen

- Problem ist vor Designbeginn gegeben
- (Design) Ziele können am Beginn des Design prozesses bestimmt werden
- Technische Rationalität = Bereitstellung von Mittel für vorgegebene Zwecke

---

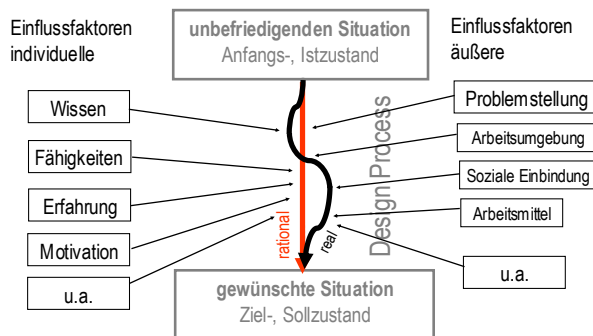
<sup>16</sup> Kesselring F. (1954): Technische Kompositionslehre. S.197.

### 3 Descriptive Design Research in ing.wiss.Ansätzen

Empirische Untersuchungen - Methode der Protokollanalyse

Seit den 1980er Jahren hat man begonnen, Designprozesse empirisch zu erforschen. Zunächst wurde Designing vorwiegend in experimentellen settings untersucht; Konstruktionsprozesse in der Praxis

#### Ingenieurwiss Ansatz – deskriptives Modell



werden als von vielen Einflussfaktoren beeinflusst betrachtet, die ihrerseits die Komplexität von Design-prozessen erhöhen. Folgende Faktoren, die den Konstruktionsprozess beeinflussen werden u.a. genannt bzw. unterschieden:<sup>17</sup>

→ Individuelle Einflüsse - Ausbildung, Berufserfahrung, Fähigkeiten, Motivation des Konstrukteurs

→ Arbeitsumgebung – Unternehmensgröße, Organisationsstruktur, Teamarbeit, soziale Einbindung

→ Äußere Einflüsse – Wettbewerbssituation, gesellschaftliche Akzeptanz, u.a.

→ Restriktionen – Zeitdruck, Gesetzgebung u.a.

→ Produkt – art, Komplexität, Neuheit, u.a.

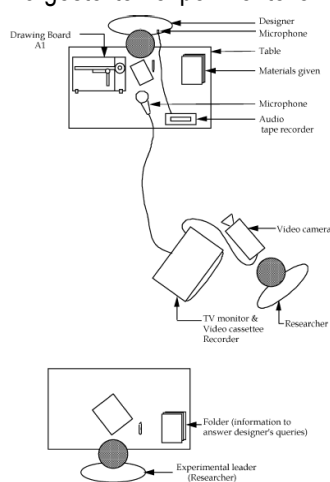
→ Produktion – mögliche Verfahren, know-how, Automatisierungsgrad

→ Arbeitsmittel – verfügbare tools, verfügbare Methoden

→ Verfügbare Informationen – allg. Sachinformation, Vorläuferproduktinfo. u.a.

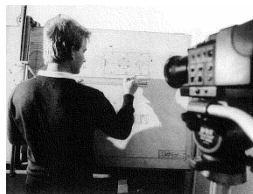
#### 3.1 Experimentelle Untersuchungen

Um die Einflüsse einzelner Faktoren zu bestimmen werden u.a. Experimente durchgeführt. Ziel der hier vorgestellten experimentellen Untersuchung ist es „feststellen zu können, wodurch sich erfolgreiche



Konstrukteure auszeichnen, wie sie ihren Konstruktionsprozess gestalten ...“ (Ehrlenspiel, 2002, S.98; auch folgende Darstellung)

Um also – wie in der folgenden Untersuchung z.B. »individuelle Einflüsse« auf den Konstruktionsprozess untersuchen zu können, werden experimentelle Situationen geschaffen, in denen die anderen möglichen Einflussfaktoren auf den Konstruktionsprozess konstant gehalten, oder als gleich angenommen werden. In einer Reihe von Experimenten im Maschinenbau<sup>18</sup> wurde Konstrukteuren mit

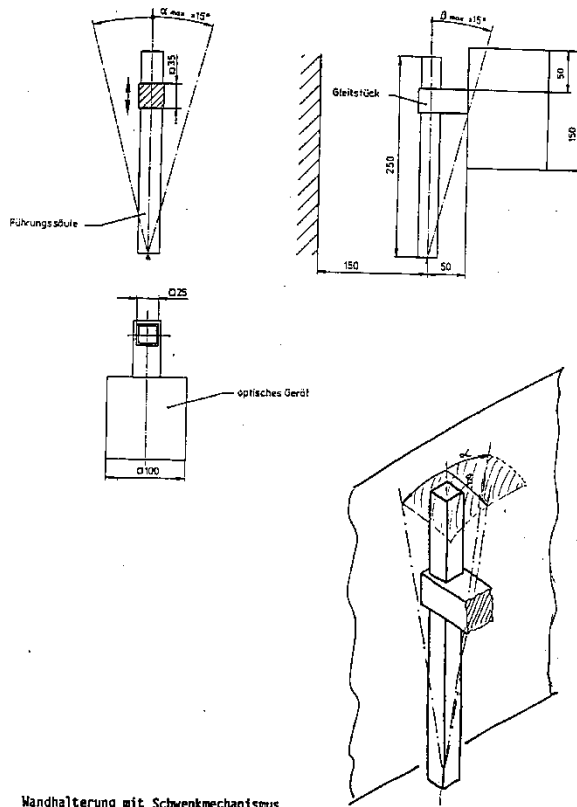


unterschiedlicher Ausbildung und Berufserfahrung dieselbe Aufgabenstellung unter gleichen Bedingungen (gleicher Raum, gleiche Ausstattung, Tools, Unterlagen (Kataloge von Halbzeugen, Handbücher, etc.) vorgelegt.

<sup>17</sup> Ehrlenspiel Klaus: Integrierte Produktentwicklung. München, 2002.

<sup>18</sup> Dörner D., Ehrlenspiel: DFG Projekte 'Denkabläufe beim Konstruieren'.

## Das experimentelle Setting



Wandhalterung mit Schwenkmechanismus

**Bild 3-1** Angaben zur Aufgabenstellung

Konstruktionsergebnisse getestet. Personenmerkmale werden aus vorgeschalteten Tests und aus der Prozessanalyse ermittelt. Die Qualität der Konstruktionsergebnisse werden durch Bewertung der Entwurfszeichnung von Experten ermittelt.

Zeit	Text	[Va Ta Ua]
0:10:51	muss Säule schwenken	v s a
0:10:57	wie bringe ich Säule zum Schwenken	u e s a
0:11:1	1 VP ue	u e s a
0:11:5	Gelenk alleine, erst mal Halbzeug	v i
0:11:25	schaut in HK	a h k
0:11:27	Kann ich was mit Winkeln machen?	i s a
0:11:29	VP ue	u e s a
0:11:43	Achsen muessen sich treffen	v i s a
0:11:53	VP ue	u e s a
0:11:58	man koennte Gelenk in der Richtung bauen	z g i s a
0:12:14	... da gibt es doch was, Art Kardan	u e
0:12:16	... da gibt es doch was, Art Kardan	v i
0:12:46	veranschaulicht sich Kardan	v i
0:12:56	ja, das geht, mh	v i
0:13:17	schaut weiter in HK	a h k
0:13:28	brauche erstens das Vierkantrohr 25	v i s a
0:13:42	sucht im HK	i s k
0:13:53	schaut auf sa	i s a
0:13:56	muss es noch bearbeiten	v i h k

**Bild 3-2** Protokollauschnitt - Codierung

Die Video-Aufnahmen werden transkribiert; in der **Protokoll-Analyse**<sup>19</sup> werden protokollierten (bzw. transkribierten) Äußerungen und Tätigkeiten der Konstrukteure in Einheiten, sog. 'chunks', zerlegt und die Einheiten werden dann Kategorien zugeordnet, d.h. codiert (Bild 3-2 Protokollauschnitt - Codierung). Der Kategorienraster wurde u.a. aus dem Phasenmodell (Bild 0-1) abgeleitet; hinzugefügt

wurde die Kategorie 'Beurteilung der Lösung'.

Konstruktionsergebnisse werden so mit den aus dem präskriptiven Modell vorgegebenen Kategorien zu beschreiben versucht. Der Verlauf des Prozesses, wird durch die quantitative Verteilung der Kategorien beschrieben.

Die **Aufgabenstellung**: Wandhalterung mit Schwenkmechanismus (Bild 3-1) an der Vierkantsäule soll ein optisches Gerät auf und ab bewegt werden können. Es soll außerdem in Richtung  $\alpha$  und senkrecht dazu in Richtung  $\beta$  geschwenkt und arretiert werden können.

Konstruieren wird im ingenieurwiss. Ansatz - wie in der Kognitionswissenschaft - als (individueller) Denkprozess bzw. als Informationsverarbeitungsprozess aufgefasst. Da Denkvorgänge nicht unmittelbar beobachtet werden können, werden die Konstrukteure aufgefordert, ihre Gedanken während der Arbeit zu verbalisieren - 'laut zu denken'.

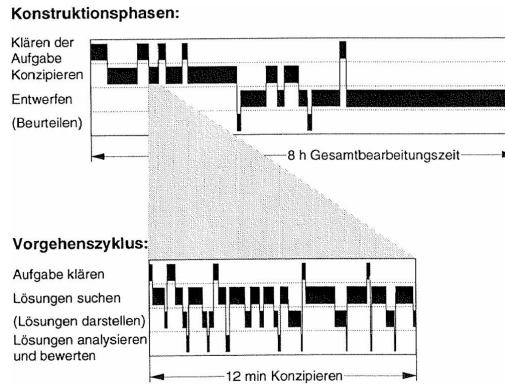
Die Konstruktionsprozesse werden auf Video aufgezeichnet.

### 3.1.1 Auswertung

Entsprechend den Hypothesen, werden Zusammenhänge zwischen Merkmalen der Konstrukteure, des Konstruktionsprozesses und der Qualität des

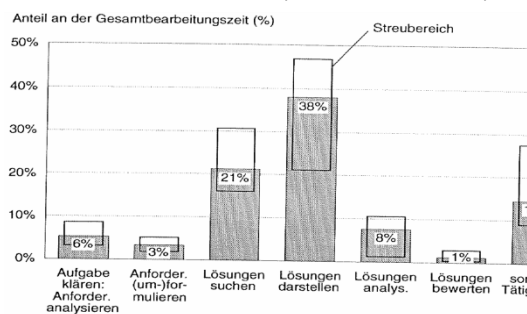
<sup>19</sup> Ericsson, K A and Simon, H A (1993) *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data* MIT Press, Cambridge, MA, USA





**Bild 3-3 zur Auswertung des Konstr.prozesses**

bei einer feineren Auflösung in elementare Arbeitsschritte ...noch stärker sichtbar wird (siehe den 12 minutigen Ausschnitt). Insgesamt bewegt sich das Konstruieren im groben, wie im Vorgehensplan beschrieben, von einer durch zeitweilige Lösungssuche unterbrochenen Phase der Ziel- oder Aufgabenklärung über Phasen der Suche nach Lösungsprinzipien (Konzipieren) zur Konkretisierung im gestalteten Entwurf. Die beschriebenen Konstruktionsphasen werden im einzelnen nicht streng sequentiell durchlaufen.“ (Ehrlenspiel, S.102)



**Bild 3-4 Mittelwerte der relativen Bearbeitungszeit**

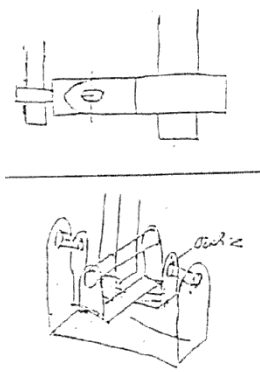
### 3.1.2 Ergebnisse

Bild 3-3 zeigt den Verlauf eines Konstruktionsprozesses eines „mittelguten Konstrukteurs“ über 8 Stunden sowie eine genauere Darstellung eines Ausschnittes aus der Phase Konzipieren über 12 min. (die Kategorie »Konzipieren« wird in weitere Kategorien unterteilt wie »Lösungen suchen«, »Lösungen darstellen«).

„Typisch ist, dass nach dem Klären der Aufgabe (generell 5-12% der Gesamtbearbeitungszeit) eine immer wieder unterbrochene Suche nach Lösungsprinzipien folgte, die dann nach gelegentlich längeren Beurteilungsphasen in eine Konkretisierung, d.h. in eine Entwurfsphase mündete. Auffallend ist bei allen Personen das starke Hin- und Herspringen, das

Aus Bild 3-4 ist ersichtlich, dass 'Aufgaben klären bzw. Anforderungen analysieren' und 'Anforderungen umformulieren' zusammen kaum 10% der Gesamtbearbeitungszeit einnehmen. Bezüglich des Suchens prinzipieller Lösungen zeigen die Ergebnisse, das meist mit wenigen Suchbegriffen aus dem Gedächtnis gesucht wird. Die Konstrukteure bewegen sich durchweg auf relativ konkreten Begriffsebenen und verwenden kaum

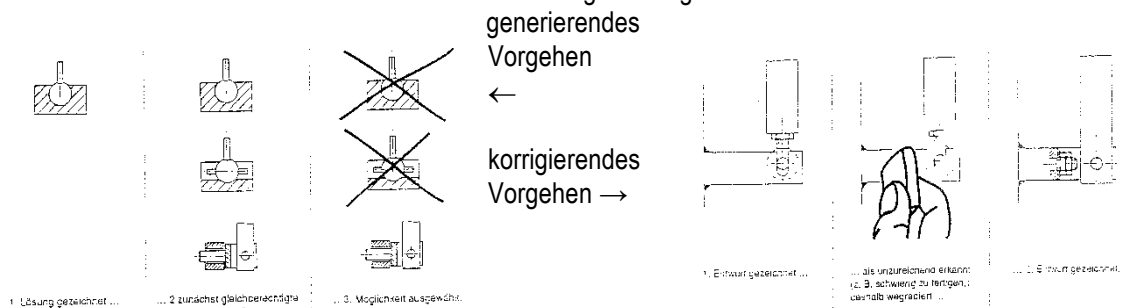
abstrakte Funktionsbegriffe oder gar Funktionsstrukturen (wie sie im Arbeitsschritt 2 des Vorgehensmodells vorgeschlagen werden).



**Bild 3-5 Skizzen**

Beim Suchen von Lösungen werden Skizzen angefertigt; Bild 3-5 Skizzen zeigt zwei Beispiele für die untere Schwenklagerung der Vorrichtung. Skizzen werden je nach Person als Rißdarstellung oder in Perspektive, aber immer eher konkret ausgeführt. Die Konstrukteure verwenden die Skizzen als 'Diskussionspartner'. Ehrlenspiel folgert auch daraus auf die Wichtigkeit des Trainings des Skizzierens.

Erste Lösungen entstehen aus dem Gedächtnis. Wenn dann Varianten erzeugt werden sollen, empfiehlt die Konstruktionsmethodik, mehrere zunächst gleichberechtigte Lösungen zu generieren und daraus die beste zu wählen. Dieses generierende Vorgehen bei der Lösungssuche wird jedoch nur zu 19% der Bearbeitungszeit angewandt.



In den meisten Fällen (81%) wird mit dem korrigierenden Vorgehen bei der Lösungssuche zunächst nur eine Lösung angegeben. Diese wird gleich auf Schwachstellen analysiert und entsprechend abgeändert oder ersetzt. Korrigierendes Vorgehen bleibt an ein vorhandenes Lösungsprinzip gebunden.

Ergebnisse bezüglich der Beurteilung von Lösungen zeigen, dass Lösungen zumeist qualitativ beurteilt werden. Die Eigenschaften einer Lösung werden also nicht genau ermittelt. Nur selten werden genaue Zeichnungen erstellt um z.B. eine vermutete Kollision zu prüfen. Bei allen Analysevorgängen ist die **Erfahrung** maßgebend.

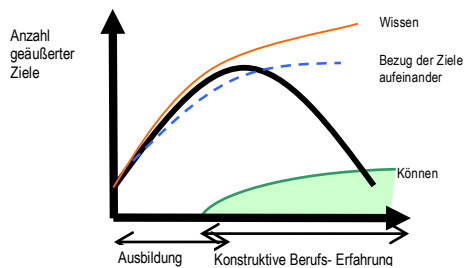
Die Konstruktionsmethodik empfiehlt, nach dem Aufteilen der Gesamtfunktion in mehrere Teilfunktionen, Teillösungen für alle Teilfunktionen zu suchen, die dann als prinzipielle Lösung zu einem Konzept zusammengesetzt werden.

Erfahrene Konstrukteure, die das Zentralproblem sofort erkennen, beginnen auch dafür eine Lösung zu finden. Erst dann werden weniger wichtige Teilfunktionen gelöst. Bei diesem Vorgehen müssen die Konstrukteure erraten können, dass sich die Teillösungen in den Entwurf für die zentrale Teillösung einfügen lassen.

weitere Ergebnisse

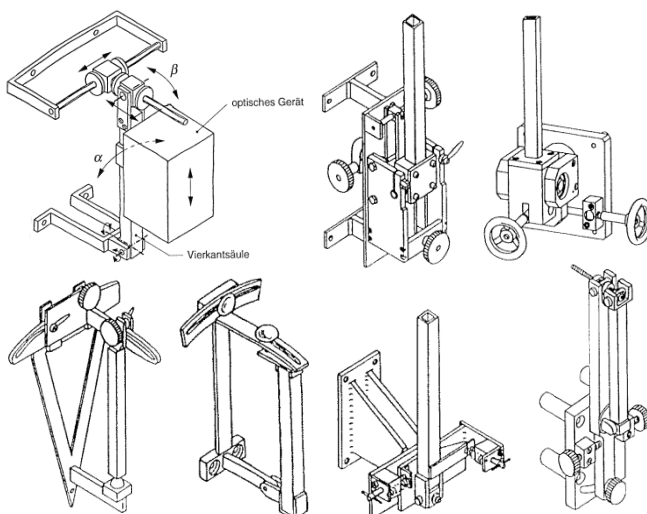
Güte der Konstruktionsergebnisse

- In dieser, wie auch in anderen Untersuchungen sind z.T. beträchtliche Abweichungen der Vorgehensweise von Desingern (in der Praxis) von den Vorgehensmodellen festzustellen.



- der **Erfahrungshintergrund** der Designer ist eine wesentliche Ursache für unterschiedliche Vorgehensweisen (z.B. die Anzahl der von Konstrukteuren im Konstruktionsprozess geäußerten Ziele; mit zunehmender Berufserfahrung nimmt die Anzahl der angesprochenen Ziele wieder ab).

- Es konnten individuelle **Unterschiede** bei den beobachteten Konstruktionsprozessen festgestellt werden, und zwar genauer für
  - \* die *Gesamtbearbeitungszeit*; professionelle Konstrukteure bewältigten die Aufgabe am schnellsten. Es konnte kein Zusammenhang zwischen Bearbeitungszeit und Lösungsgüte festgestellt werden.
  - \* die Dauer der Lösungssuche und die Anzahl der untersuchten Lösungsideen, wobei kein Zusammenhang mit der Lösungsgüte besteht;



- \* die Dauer der **Zielanalyse**; wobei die Analyse und (Um-) Formulierung von Anforderungen nicht **nur am Anfang** des Problemlöseprozesses erfolgt, sondern während des gesamten Prozesses

- \* die konstruierten Lösungen sind sehr unterschiedlich (siehe Bild)

- \* der Umfang der Aufgabenklärung hat keinen Einfluß auf die Qualität der Lösung

- Zusammenhang: **Methodisches Vorgehen - Lösungsgüte**

Gute Lösungen erbringen Designer die

- **flexibel** (methodisch) vorgehen - unabhängig von Methodenausbildung

“These designers worked reasonably efficiently and followed a fairly logical procedure“

Schwache Lösungen erbringen Designer die

- »rigide« methodisch oder »sehr unsystematisch« vorgehen

In dieser, wie in vergleichbaren Untersuchungen, zeigt sich

- Vorgehen aufgrund von Erfahrung ist kaum verbalisierbar.
- Verbalisierungen können von beobachtbarem Verhalten abweichen.
- Es sind 'opportunistische' Abweichungen von hierarchischen Planungsstrategien zu beobachten
- in der Praxis lassen nur rd. 50% der Aktivitäten von Designern in die Kategorien des Phasenschemas task clarification, conceptual design, embodied design, detailed design zuordnen.

## 3.2 Weitere Untersuchungen und Ergebnisse

### 3.2.1 Design Research – Methods

(aus: Cross, N. 2011: Design Thinking. P. 5)

- **Interviews with designers**

These have usually been with designers who are acknowledged as having well-developed design ability, and the methods have usually been conversations or interviews that sought to obtain these designers' reflections on the processes and procedures they use - either in general, or with reference to particular works of design.

- **Observations and case studies**

These have usually been focused on one particular design project at a time, with observers recording the progress and development of the project either contemporaneously or post hoc. Both participant and nonparticipant observation methods have been included, and varieties of real, artificially constructed and even re-constructed design projects have been studied.

- **Experimental studies**

More formal experimental methods have usually been applied to artificial projects, because of the stringent requirements of recording the data. They include asking the experiment participants to 'think aloud' as they respond to a given design task. These statements and the associated actions of the participants are sub-divided into short 'protocols' for analysis. Both experienced designers and inexperienced (often student) designers have been studied in this way.

- **Simulation**

A relatively new development in research methodology has been the attempt of artificial intelligence (AI) researchers to simulate human thinking through artificial intelligence techniques. Although AI techniques may be meant to supplant human thinking, research in AI can also be a means of trying to understand human thinking.

- **Reflection and theorising**

As well as the empirical research methods listed above, there has been a significant history in design research of theoretical analysis and reflection upon the nature of design ability.

### 3.2.2 Understanding Design Cognition (aus: Cross, 2006, pp 77)

In this chapter I<sup>20</sup> will focus on what we have learned about design cognition from protocol and other empirical studies of design activity. I will try to pick out some consistent patterns that may be discerned in the results of such studies... I will take a cross-disciplinary, or domain-independent view of the field, and try to integrate results from studies across the various domains of professional design practice. Of all the empirical research methods for the study and analysis of design activity, protocol analysis (Ericsson and Simon, 1993)<sup>21</sup> is the one that has received the most use and attention in recent years ... In analysing design cognition, it has been normal until relatively recently to use language and concepts from cognitive science studies of problem solving behaviour [vgl. Kap. 2.4]. However, it has become clear that designing is not normal 'problem solving'. We therefore need to establish appropriate concepts for the analysis and discussion of design cognition. For example, designing involves 'finding' appropriate problems, as well as 'solving' them, and includes substantial activity in problem structuring and formulating, rather than merely accepting the 'problem as given'. The first main area in which I will present my interpretations of findings, patterns and issues in design cognition is therefore that of how designers **formulate problems**. The second main area will be how designers generate solutions, since that is the over-riding aim and purpose of design activity: to generate a satisfactory design proposal. And the third main area will be the **process strategies** that designers employ, because there has been a lot of interest in design methodology - the understanding and structuring of design procedures - especially in the context of design education.

#### Problem Formulation

It is widely accepted that design 'problems' can only be regarded as a version of ill-defined problems [vgl. Kap. 1.4]. In a design project it is often not at all clear what 'the problem' is; it may have been only loosely defined by the client, many constraints and criteria may be un-defined, and everyone involved in the project may know that goals may be re-defined during the project. In design, 'problems' are often defined only in relation to ideas for their 'solution', and designers do not typically proceed by first attempting to define their problems rigorously.

One of the concerns in some other areas of design research has been to formulate design problems in **well**-defined ways. This is intended to overcome some of the inherent difficulties of attempting to solve ill-defined problems. However, designers' cognitive strategies are presumably based upon their normal need to resolve ill-defined problems. Thomas and Carroll (1979)<sup>22</sup> carried out several observational and protocol studies of a variety of creative problem-solving tasks, including design tasks. One of their findings was that designers' behaviour was characterised by their treating the given problems **as though** they were ill-defined problems, for example by changing the goals and constraints, even when they could have been treated as well-defined problems. Thomas and Carroll concluded that: 'Design is a type of problem solving in which the problem solver views the problem or acts as though there is some ill-definedness in the goals, initial conditions or allowable transformations.' The implication is that designers will be designers, even when they could be problem-solvers.

---

<sup>20</sup> Textauszug aus: Cross Nigel (2006): *Designerly Ways of Knowing*. Springer, London.

<sup>21</sup> Ericsson, K A and Simon, H A (1993) *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data* MIT Press, Cambridge, MA, USA

<sup>22</sup> Thomas, J C and Carroll, J M (1979) The Psychological Study of Design *Design Studies* Vol 1. No 1, pp. 5-11

## Goal Analysis

This 'ill behaved' aspect of design behaviour has been noted even from the very earliest formal studies. Eastman (1970)<sup>23</sup>, in the earliest recorded design protocol study (of architectural design), found that: 'One approach to the problem was consistently expressed in all protocols. Instead of generating abstract relationships and attributes, then deriving the appropriate object to be considered, the subjects always generated a design element and then determined its qualities.' That is to say, the designer-subjects jumped to ideas for solutions (or partial solutions) before they had fully formulated the problem. This is a reflection of the fact that designers are solution-led, not problem-led; for designers, it is the evaluation of the solution that is important, not the analysis of the problem.

It is not just that problem-analysis is weak in design; even when problem goals and constraints are known or defined, they are not sacrosanct, and designers exercise the freedom to change goals and constraints, as understanding of the problem develops and definition of the solution proceeds. This was a feature of designer behaviour noted by Akin (1979)<sup>24</sup> from his protocol studies of architects: 'One of the unique aspects of design behaviour is the constant generation of new task goals and redefinition of task constraints.' ... only some constraints are 'given' in a design problem; other constraints are 'introduced' by the designer from domain knowledge, and others are 'derived' by the designer during the exploration of particular solution concepts.

The formulation of appropriate and relevant problem structures from the ill-defined problem of a design brief is not easy - it requires sophisticated skills in gathering and structuring information, and judging the moment to move on to solution generation.

## Solution Focusing

Many studies suggest that designers move rapidly to early solution conjectures, and use these conjectures as means of exploring and defining problem-and-solution together. This is not a strategy employed by all problem-solvers, many of whom attempt to define or understand the problem fully before making solution attempts.

Lloyd and Scott<sup>25</sup> (1994), from protocol studies of experienced engineering designers, found that a solution-focused approach appeared to be related to the degree and type of previous experience of the designers. In particular, designers with specific experience of the problem type tended to approach the design task through solution conjectures, rather than through problem analysis. Lloyd and Scott concluded that 'It is the variable of specific experience of the problem type that enables designers to adopt a conjectural approach to designing, that of framing or perceiving design problems in terms of relevant solutions.'

## Co-evolution of Problem and Solution

Designers tend to use solution conjectures as the means of developing their understanding of the problem. Since 'the problem' cannot be fully understood in isolation from consideration of 'the solution', it is natural that solution conjectures should be used as a means of helping to explore and understand the problem formulation. The problem and solution co-evolve.'

---

<sup>23</sup> Eastman, C M (1970) On the Analysis of Intuitive Design Processes, in G T Moore (ed.), *Emerging Methods in Environmental Design and Planning* MIT Press, Cambridge, MA, USA

<sup>24</sup> Akin, Ö (1979) An Exploration of the Design Process *Design Methods and Theories* Vol 13, No 3/4, pp. 115-119

<sup>25</sup> Lloyd, P and Scott, P (1994) Discovering the Design Problem *Design Studies* Vol 15, No 2, pp. 125-140

## Problem Framing

Designers are not limited to 'given' problems, but find and formulate problems within the broad context of the design brief. This is the characteristic of reflective practice identified by Schön<sup>26</sup> (1983) as problem setting: 'Problem setting is the process in which, interactively, we **name** [vgl. naming, framing Kap. 4.2] the things to which we will attend and **frame** the context in which we will attend to them.' This seems to characterise well what has been observed of the problem formulation aspects of design behaviour. Schön suggests that: 'In order to formulate a design problem to be solved, the designer must .frame a problematic design situation: set its boundaries, select particular things and relations for attention, and impose on the situation a coherence that guides subsequent moves.'

Schön pointed out that 'the work of framing is seldom done in one burst at the beginning of a design process.' This was confirmed in ...protocol studies of several types of designers (architects, engineers and instructional designers). They found that 'problem structuring' activities not only dominated at the beginning of the design task, but also re-occurred periodically throughout the task. ...

## Solution Generation

The solution-focused nature of designer behaviour appears to be appropriate behaviour for responding to ill-defined problems. Such problems can perhaps never be converted to well-defined problems, and so designers quite reasonably adopt the more realistic strategy of finding a satisfactory solution, rather than expecting to be able to generate an optimum solution to a well-defined problem. However, this solution-focused behaviour also seems to have potential drawbacks. One such drawback might be the 'fixation' effect induced by existing solutions.

### Fixation

A 'fixation' effect in design was suggested by Jansson and Smith<sup>27</sup> (1991), who studied senior student and experienced professional mechanical engineers' solution responses to design problems. They compared groups of participants who were given a simple, written design brief, with those that were given the same brief but with the addition of an illustration of an existing solution to the set problem. They found that the latter groups appeared to be 'fixated' by the example design, producing solutions that contained many more features from the example design than did the solutions produced by the control groups. Jansson and Smith proposed that such fixation could hinder conceptual design if it prevents the designer from considering all of the relevant knowledge and experience that should be brought to bear on a problem. Designers may be too ready to re-use features of known existing designs, rather than to explore the problem and generate new design features.

It is not clear that 'fixation' is necessarily a bad thing in design. As mentioned ... outstanding expert designers exhibit a form of 'fixation' on their problem frame, or on a guiding theme or principle. Having established the 'frame' for a particular problem, these designers can be tenacious in their pursuit of solution concepts that fit the frame. ... This tenacious fixation seems to be found often amongst highly creative individuals.

### Attachment to Concepts

Another form of 'fixation' that has been found to exist amongst designers is their attachment to early solution ideas and concepts. Although designers change goals and constraints as they design, they appear to hang on to their principal solution concept for as long as possible, even when detailed development of the scheme throws up unexpected difficulties and shortcomings in the solution concept. Some of the changing of goals and constraints during designing is associated with resolving such difficulties without having to start again with a major new concept. ...

---

<sup>26</sup> Schön, D (1983) *The Reflective Practitioner*, Temple-Smith, London, UK

<sup>27</sup> Jansson, D G and Smith, S M (1991) Design Fixation *Design Studies* Vol 12, No 1, pp. 3-11

The phenomenon was observed by Ullman et al.<sup>28</sup> (1988), in protocol studies of experienced mechanical engineering designers. They found that 'designers typically pursue only a single design proposal,' and that 'there were many cases where major problems had been identified in a proposal and yet the designer preferred to apply patches rather than to reject the proposal outright and develop a better one.' ...

Guindon<sup>29</sup> (1990b), in a study of experienced software designers, found that 'designers adopted a kernel solution very early in the session and did not elaborate any alternative solutions in depth. If designers retrieved alternative solutions for a subproblem, they quickly rejected all but one alternative by a trade-off analysis using a preferred evaluation criterion.' ...

### **Generation of Alternatives**

It may be that good designers produce good early concepts that do not need to be altered radically during further development. Or that good designers are able to modify their concepts rather fluently and easily as difficulties are encountered during development, without recourse to exploration of alternative concepts. Either way, it seems that designers are reluctant to abandon early concepts, and to generate ranges of alternatives. This does seem to be in conflict with a more 'principled' approach to design [vgl. Kap. 2], as recommended by design theorists, and even to conflict with the idea that it is the exploration of solution concepts that assists the designer's problem understanding. Having more than one solution concept in play should promote a more comprehensive assessment and understanding of the problem.

Fricke<sup>30</sup> (1993, 1996), from protocol studies of engineering designers [diese Untersuchung wurde am Beginn von Kap. 3 vorgestellt], found that both generating few alternative concepts and generating a large number of alternatives were equally weak strategies, leading to poor design solutions. Where there was 'unreasonable restriction' of the search space (when only one or a very few alternative concepts were generated), designers became 'fixated' on concrete solutions too early. In the case of 'excessive expansion' of the search space (generating large numbers of alternative solution concepts), designers were then forced to spend time on organising and managing the set of variants, rather than on careful valuation and modification of the alternatives. Fricke identified successful designers to be those operating a 'balanced search' for solution alternatives.

Fricke also found that the degree of precision in the problem as it was presented to the designers influenced the generation of alternative solution concepts. When the problem was precisely specified, designers generated more solution variants; whereas with an imprecise assignment (for the same design task), designers tended to generate few alternative solution concepts. This perhaps indicates that the more active problem-framing required for an imprecise assignment leads more readily to preferred solution concepts. Designers given precise assignments have less scope for problem-framing, and generate a wider range of solution concepts in order to find a preferred concept.

### **Creativity**

---

<sup>28</sup> Ullman, D G, Dietterich, T G *et al.* (1988) A Model of the Mechanical Design Process Based on Empirical Data in *Engineering Design and Manufacturing* Vol 2, No 1, pp. 33-52

<sup>29</sup> Guindon, R (1990b) Designing the Design Process: exploiting opportunistic thoughts *Human-Computer Interaction* Vol 5, pp. 305-344

<sup>30</sup> Fricke, G (1993) Empirical Investigations of Successful Approaches When Dealing With Differently Precised Design Problems *International Conference on Engineering Design ICED93, Heurista, Zürich*

Fricke, G (1996) Successful Individual Approaches in Engineering Design *Research in Engineering Design* Vol 8, pp. 151 - 165

Designers themselves often emphasise the role of 'intuition' in the generation of solutions, and 'creativity' is widely regarded as an essential element in design thinking. Creative design is often characterised by the occurrence of a significant event, usually called the 'creative leap'. Recent studies of creative events in design have begun to shed more light on this previously mysterious (and often mystified) aspect of design. Akin and Akin<sup>31</sup> (1996) studied creative problem-solving behaviour first on a classic problem where a form of 'fixation' normally prevents people from finding a solution to the problem: the 'nine-dots' problem. (In this problem, nine dots are arranged in a 3 x 3 square, and subjects are invited to join all nine dots by drawing just four straight lines without lifting pen from paper. Subjects normally assume that they have to draw within the implicit outline of the square, whereas the solution requires extending the lines to new vertices outside of the square.) They then extended their study from the nine-dot problem into a study of a simple architectural design problem, and compared the protocols of a non-architect and an experienced architect in tackling this problem. In these studies, Akin and Akin were looking for cases of the 'sudden mental insight' (SMI) that is commonly reported in cases of creative problem solving. They referred to the 'fixation' effect, such as the implicit nine-dot square, as a 'frame of reference' (FR) that has to be broken out of in order to generate creative alternatives. They suggested that a SMI occurs when a subject perceives their own fixation within a standard FR, and simultaneously perceives a new FR. The new FR also has to include procedures for generating a solution to the problem. The experienced architect had such procedural knowledge, whereas the novice did not, and was not able to generate anything other than a very conventional solution. Akin and Akin conclude: 'Realising a creative solution, by breaking out of a FR, depends on simultaneously specifying a new set of FRs that restructure the problem in such a way that the creative process is enhanced. The new FRs must, at a minimum, specify an appropriate *representational* medium (permitting the explorations needed to go beyond those of the earlier FRs), a design *goal* (one that goes beyond those achievable within the earlier FRs), and a set of *procedures* consistent with the representation domain and the goals.' This seems to be similar to Schön's concept of a 'frame' which permits and encourages the designer to explore new design 'moves' and to reflect on the discoveries arising from those moves. But 'frames' can clearly be negative conceptual structures, when they are inappropriate 'fixations', as well as positive, creative structures. ...

### Sketching

Several researchers have investigated the ways in which sketching helps to promote creativity in design thinking. Sketching helps the designer to find unintended consequences, the surprises that keep the design exploration going in what Schön and Wiggins (1992) [siehe Kap. 6] called the 'reflective conversation with the situation' that is characteristic of design thinking. Goldschmidt (1991) called it the 'dialectics of sketching': a dialogue between 'seeing that' and 'seeing as', where 'seeing that' is reflective criticism and 'seeing as' is the analogical reasoning and reinterpretation of the sketch that provokes creativity...It is not just formal or shape aspects of the design concept that are compiled by sketching; they also help the designer to identify and consider functional and other aspects of the design. ... sketching serves at least three purposes: as an external memory device in which to leave ideas as visual tokens, as a source of visuo-spatial cues for the association of functional issues, and as a physical setting in which design thoughts are constructed in a type of situated action. ...

### Process Strategy

An aspect of concern in design methodology and related areas of design research has been the many attempts at proposing systematic models of the design process, and suggestions for methodologies or structured approaches that should lead designers efficiently towards a good solution. However, most design in practice still appears to proceed in a rather ad-hoc and unsystematic way. Many designers remain wary of systematic procedures that, in general, still have to prove their value in design practice.

---

<sup>31</sup> Akin, Ö and Akin, C (1996) Frames of Reference in Architectural Design: analysing the hyper-acclamation (Aha!) *Design Studies* Vol 17, No 4, pp.341-361



## Structured Processes

It is not clear whether learning a systematic process actually helps student designers. ...

Fricke (1993, 1996) studied a number of mechanical engineers, of varying degrees of experience and with varying exposures to education in systematic design processes. He found that designers following a 'flexible-methodical procedure' tended to produce good solutions. These designers worked reasonably efficiently and followed a fairly logical procedure, whether or not they had been educated in a systematic approach. In comparison, designers with too-rigid adherence to a methodical procedure (behaving 'unreasonably methodical'), or with very un-systematic approaches, produced mediocre or poor design solutions. It seems that, with or without an education in systematic design, designers need to exercise sophisticated strategic skills.

The occurrence of some relatively simple patterns of design process activity has often been suggested from anecdotal knowledge. For example, there has been a broad assumption that designing proceeds in cycles of analysis-synthesis-evaluation activities. Although such patterns of design process activity frequently have been proposed or hypothesised, there has been little empirical confirmation.

McNeill et al.<sup>32</sup> (1998) were able to confirm some of these basic patterns in a study of electronics engineers, using subjects with varying degrees of experience, from senior students to very experienced professionals. They were able to confirm that, 'In addition to the short-term cycles [of analysis-synthesis-evaluation], there is a trend over the whole design episode to begin by spending most of the time analysing the problem, then mainly synthesising the solution and finishing by spending most time on the evaluation of the solution.' They also confirmed a supposed progression through the design process from first considering required functions, then structure of potential solutions, and then the behaviour of those solutions. Their general, if unsurprising conclusion was that: 'A designer begins a conceptual design session by analysing the functional aspects of the problem. As the session progresses, the designer focuses on the three aspects of function, behaviour and structure, and engages in a cycle of analysis, synthesis and evaluation. Towards the end of the design session, the designer's activity is focused on synthesising structure and evaluating the structure's behaviour.'...

## Modal Shifts

An aspect of cognitive strategy that emerges from several studies is that, especially during creative periods of conceptual design, designers alternate rapidly in shifts of attention between different aspects of their task, or between different modes of activity. [vgl. das Rahmen-Konzept der Module und Beispiele in der Fallstudie in Kap.5.1 sowie Vielfalt der Repräsentationen in Kap. 8] ...

Some studies of student designers have noted the apparent importance of frequent shifts of attention or activity mode in influencing either the creativity or overall quality of the design concepts produced. For example, in their protocol studies of junior and senior students of industrial design, Cross et al. (1994) segmented the students' activities into the three modes of gathering information, sketching and reflecting. They suggested that the more successful students (in producing creative design concepts) were those who showed evidence of rapid alternation between the activity modes. Also, Atman et al. (1999), from their study of freshmen and senior engineering design students, suggested that overall quality of design concepts was related to rapid alternation of activities, which they measured as transitions between design steps such as gathering information, generating ideas and modelling....

## Summary:

### Problem Formulation

---

<sup>32</sup> McNeill, T, Gero, J *et al.* (1998) Understanding Conceptual Electronic Design Using Protocol Analysis *Research in Engineering Design* Vol 10, No 3, pp.129-140

## **Goal Analysis**

Designers appear to be 'ill-behaved' problem solvers, in that they do not spend much time and attention on defining the problem. However, this seems to be appropriate behaviour, since some studies have suggested that over-concentration on problem definition does not lead to successful design outcomes. It appears that successful design behaviour is based not on extensive problem analysis, but on adequate 'problem scoping' and on a focused or directed approach to gathering problem information and prioritising criteria. Setting and changing goals are inherent elements of design activity.

## **Solution Focusing**

Designers are solution-focused, not problem-focused. This appears to be a feature of design cognition which comes with education and experience in designing. In particular, experience in a specific problem domain enables designers to move quickly to identifying a problem 'frame' and proposing a solution conjecture.

## **Co-evolution of Problem and Solution**

The concept of 'co-evolution' of both the problem and its solution has been proposed to describe how designers develop both aspects together in conceptual stages of the design process. The designer's attention oscillates between the two, forming partial structurings of the two 'spaces' of problem and solution. Designing appears to be an 'appositional' search for a matching problem-solution pair, rather than a propositional argument from problem to solution.

## **Problem Framing**

Processes of structuring and formulating the problem are frequently identified as key features of design activity. The concept of 'problem framing' perhaps seems to capture best the nature of this activity. Successful, experienced and - especially - outstanding designers are repeatedly found in various studies to be pro-active in problem framing, actively imposing their view of the problem and directing the search for solution conjectures.

# **Solution Generation**

## **Fixation**

'Fixation' seems to be a double-edged feature of design activity, in that it can lead to conservative, routine design or - perhaps only when exercised by outstanding designers - to creative, innovative design. There may be differences between educational programmes of engineers and industrial designers (and probably architects) which lead engineers more readily to fixate on features of prior design solutions.

## **Attachment to Concepts**

Designers become readily attached to single, early solution concepts and are reluctant to abandon them in the face of difficulties in developing these concepts into satisfactory solutions. This seems to be a weak feature of design behaviour, which may be susceptible to change through education. However, trying to change the 'unprincipled' and 'ill-behaved' nature of conventional design activity may be working against aspects that are actually effective and productive features of intuitive design cognition.

## **Generation of Alternatives**

Generating a wide range of alternative solution concepts is another aspect of design behaviour which is recommended by theorists and educationists but appears not to be normal design practice. Generating a very wide range of alternatives may not be a good thing: some studies have suggested that a relatively limited amount of generation of alternatives may be the most appropriate strategy.

## **Creativity**

Creative thinking has tended to be regarded as mysterious, but new explanatory descriptions of creativity in design are beginning to emerge from empirical studies. In particular, it no longer seems correct to promote the key feature of creative design as dependent upon an intuitive, heroic 'creative leap' from problem to solution. Problem framing, co-evolution, and conceptual bridging between problem space and solution space seem to be better descriptors of what actually happens in creative design.

### **Sketching**

The key 'tool' to assist design cognition remains the traditional sketch. It seems to support and facilitate the uncertain, ambiguous and exploratory nature of conceptual design activity. Sketching is tied-in very closely with features of design cognition such as the generation and exploration of tentative solution concepts, the identification of what needs to be known about the developing concept, and especially the recognition of emergent features and properties. Studies of the role of sketching have all emphasised its inherent power as a design aid.

## **Process Strategy**

### **Structured Process**

Following a reasonably-structured process seems to lead to greater design success. However, rigid, over-structured approaches do not appear to be successful. The key seems to be flexibility of approach, which comes from a rather sophisticated understanding of process strategy and its control.

### **Modal Shifts**

It has been noticed in some studies that creative, productive design behaviour seems to be associated with frequent switching of types of cognitive activity. There is no clear explanation for this observation, but it may be related to the need to make rapid explorations of problem and solution in tandem.

### 3.3 Zur Kritik an Phasenmodellen

**Rittel**<sup>33</sup> bringt Einwände an Phasenmodellen in der Bauplanung vor, die auch in anderen Designdisziplinen zutreffend sein dürften: „Eine Planungsaufgabe, etwa Stadtsanierung, hat keine einfach definierbare Mission: die Feststellung dessen, was durch das Projekt erreicht werden soll, ist gerade der langwierigste und schwierigste Aspekt der Planung, und er ist nicht vom Problemlösungsprozeß zu trennen. Jede Aussage über das, was gesollt werden soll, korrespondiert mit einer Aussage darüber, wie das bewerkstelligt werden soll.“

**Problemformulierung geht Hand in Hand mit der Entwicklung eines Lösungsvorschlages** (m.H.);

Informationen kann man nur dann sinnvoll sammeln, wenn man *an einem Lösungsprinzip orientiert* (m.H.) ist, und ein Lösungsprinzip kann man nur in dem Maße entwickeln, wie man über das Problem informiert ist, usw.

Unter diesen Umständen gibt es **keine Trennung in Projektphasen** (m.H.)...“ Rittel stellt das grundlegende Prinzip von Phasenmodellen – die Unterteilung des Designprozesses in getrennte Phasen (siehe Kap. 2.4) – und damit Phasenschemata überhaupt infrage.

**Bucciarelli**<sup>34</sup>, criticises: “characteristics of object-world thinking (designers thinking according to instrumental norms grounded in technical expertise which) figure in these (phase-models / -diagrams)

They urge to control complex affairs through division and segmentation of process into independent components. (vgl. Kap. 2.4)

This sort of map, intended for students in engineering design, shows how object-world thinking finds expression when its focus is on the design process itself. ...

Such abstract figures express an ideal – an object-world creation of engineering faculty. Their intent is to establish control over the design process by breaking it down into discrete elements or subtasks, sharply bounding these subtasks by enclosing them in boxes and then connecting them sequentially with straight lines. But while (the) figure may be useful pedagogically, in keeping with reductionist tenor of such tools, as models of practical design activity they are deficient. If we allow the figure to direct our thinking about the people engaged in all the tasks contained in the boxes, we might conclude that design practice is an extremely orderly, rational process in which creative thought can be contained in a single box that yields a conceptional design or designs, which after detailed evaluation and analysis within some more boxes can be given real substance, tested, put into production, and then marketed ...

The diagram suggests a halting flow, a chaining of cause and effect; it might even be viewed as a conveyor belt, a machine through which the design is moved and acted upon, transformed and embellished at each stop. ...

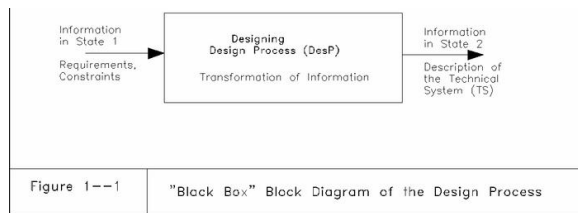
These diagrams shed very little light on how design acts are actually carried out or on who is responsible for each of the tasks within the various boxes. Nor is it apparent what these participants need know, what resources they must bring to their task, and how they must work with others.”

In den meisten design-methodologies wird der Ansatz zur Analyse technischer Systeme wird auf die Analyse des Designprozesses angewandt. Designprozesse werden als Denkprozesse und Informationsverarbeitungsprozesse aufgefasst. Also solche werden sie in input-output Modellen dargestellt.

---

<sup>33</sup> Rittel Horst: Der Planungsprozeß als iterativer Vorgang von Varietätserzeugung und Varietätseinschränkung. In: Joedicke: *Entwurfsmethoden in der Bauplanung*. Arbeitsberichte zur Planungsmethodik 4, Stuttgart, Bern, (3.Auflage) 1972. S.17

<sup>34</sup> Bucciarelli L. (1994): *Designing Engineers*. Cambr.Mass. MIT press p.111

Bild 3-6 Hubka & Eder<sup>35</sup>

Der Designprozess erscheint dann als ein Funktionsträger. Design-research in diesem Ansatz könnte man dann als den Versuch verstehen, den Informationsverarbeitungs-

prozess zu entschlüsseln. Bzw. Design-Methoden ließen sich verstehen als (Teil) 'Lösungen', als Informationsverarbeitungs-techniken, als Algorithmen, die die Funktion 'Designing' erfüllen.

**Ferguson** schreibt zu den Vorgehensmodellen: „Das Entwerfen ist immer ein von Zufällen bestimmter Vorgang und unterliegt im Lauf seiner Entwicklung unvorhersehbaren Komplikationen und Einflüssen. Das genaue Ergebnis des Vorgangs läßt sich nicht aus seinem anfänglichen Ziel herleiten.

Ein Entwurf ist nicht, wie einige Lehrbücher uns glauben machen wollen, ein formaler, schrittweise ablaufender Vorgang, der sich in einem Blockdiagramm zusammenfassen läßt (siehe Schaubilder/ Phasenschemata). Angefangen mit einem Block mit dem Namen Forderung gibt ein solches Diagramm - das zwischen einem Dutzend und mehr als Hundert Blöcke enthalten kann - vor, den Entwerfer durch den Vorgang der Erfindung und Analyse von etwas Neuem leiten zu können (oder ihm jedenfalls folgen). Blockdiagramme setzen die Aufteilung der Entwürfe in einzelne Teile voraus, von denen jedes "verarbeitet" werden kann, bevor man sich dem nächsten zuwendet. Obwohl viele Entwerfer glauben, ein Entwurf sollte auf diese Weise entstehen, auch wenn er das nicht tut, ist es klar, daß ein geordnetes Verfahren etwas ganz anderes ist als das übliche chaotische Wachstum eines Entwurfs. Die Vision, die einem Entwurf zugrunde liegt, steckt oft schon lange im Kopf eines Entwerfers, bevor ein Bedürfnis danach entsteht. Blockdiagramme erlauben zwar Nebenwege und nachträgliche Überlegungen entlang von "Rückkopplungsbahnen", aber der Leser sollte sich klarmachen, daß beim Vorgang des Entwerfens alle Schritte gleichzeitig ablaufen können.

Obwohl der Prozeß des Entwerfens komplex und raffiniert ist und obwohl sich das Entwerfen nicht in saubere Diagramme einpassen läßt, folgt er doch einem vorhersagbaren Pfad, dessen Wesen sich nicht durch die rechnergestützten Entwürfe (CAD) oder eine erhoffte Planungswissenschaft verändert. Rechnergestützte Vortäuschungen von Sicherheit verkleinern nicht die Menge oder die Qualität menschlichen Urteils, die für erfolgreiche Entwürfe notwendig ist. Um einen einigermaßen komplexen Entwurf zu erstellen - für einen Personenfahrstuhl oder eine Lokomotive -, ist ein ständiger Strom von Berechnungen, Beurteilungen und Kompromissen nötig, die nur Ingenieure machen sollten, die mit solchen Systemen Erfahrungen haben. Die "großen" Entscheidungen sollten offensichtlich auf genauer, unmittelbarer und innerbetrieblicher Kenntnis von Fahrstühlen, Lokomotiven etc. beruhen. Jeder Entwerfer sollte ein intuitives Gefühl für die praktischen Grenzen der Leistungsfähigkeit von Maschinen und ein umfassendes Gefühl für die Angemessenheit von Materialien und Herstellungsprozessen besitzen.“<sup>36</sup>

<sup>35</sup> Hubka V. & Eder E.: Einführung in die Konstruktionswissenschaft. New York, 1992

<sup>36</sup> Ferguson Eugene: Das innere Auge. Von der Kunst des Ingenieurs, Boston et.al. 1993.

### 3.4 Fallstudie

Es wird hier Material aus einer Fallstudie in der Praxis vorgestellt das einen – beispiel- und ausschnitthaften - Einblick in die Designpraxis bietet; es dient auch zur Erläuterung von Analysekonzepten.

**Kurzbeschreibung des Projekts »Redesign«** - Auflichtmikroskop zur Melanomfrüherkennung.

Ca. 2 Jahre vor Beginn des Projekts »Redesign« wurde von einem Arzt einer dermatologischen Klinik ein Projekt zur Entwicklung eines Prototyps eines Geräts zur Beobachtung von pigmentierten Hautläsionen an die Abteilung 2 (siehe Organigramm in Kap. 2.3 im Abschnitt Darstellungstechniken) einer Forschungsorganisation in Auftrag gegeben. Nach Vorgaben des Arztes wurde ein funktionierender Prototyp entwickelt und gebaut, der diese Erfindung zum Patent angemeldet hat.

Auftrag im beobachteten Projekt, ist ein Redesign und die Herstellung eines verbesserten Prototypen zur (Klein)serienfertigung. Die Projektdauer erstreckt sich über rd. 1 Jahr; aus vielen Tätigkeiten im Projekt werden beispielhaft Ausschnitte aus Sitzungen angeführt.

**Beteiligte Akteure** im Redesign Projekt (Experten verschiedener Disziplinen und aus verschiedenen Bereichen innerhalb und außerhalb der Organisation – siehe Organigramm 2.3 als Bs. für Hierarchiediagramme)

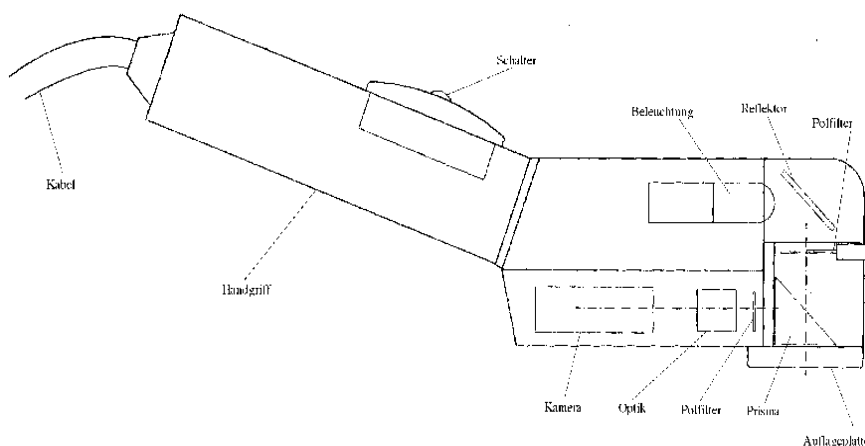
Mitglieder der Forschungsorganisation: Entwickler und Projektleiter (Physiker), Abteilung Bildverarbeitung; Abteilungsleiter (Maschinenbauer und Ökonom; in den Transkript (unten) mit A bezeichnet) und 2 Mitarbeiter (Maschinenbauer) der Abt. Automation; 3 Konstrukteure (zwei Ing. Maschinenbau) der Abt. Konstruktion; Mitarbeiter der Marketingabteilung;

Organisationsexterne Mitarbeiter im Team: Arzt einer Klinik (Patentinhaber); Selbständiger Designer; ein Leihkonstrukteur.

Die Mitarbeiter der Abteilung für Bildverarbeitung und der Arzt (Erfinder) haben bereits an der Entwicklung des ersten Prototypen maßgeblich mitgewirkt.

Einige **Zeichnungen** und **Skizzen**, die im Designprozess angefertigt werden:

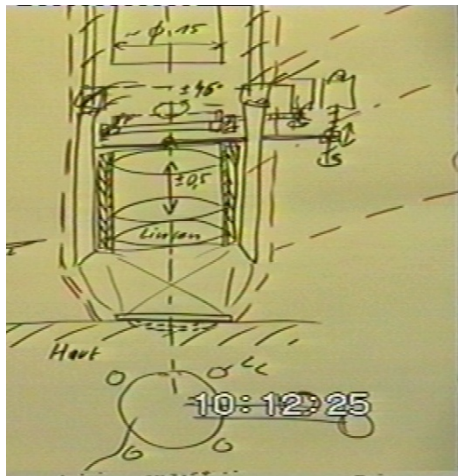
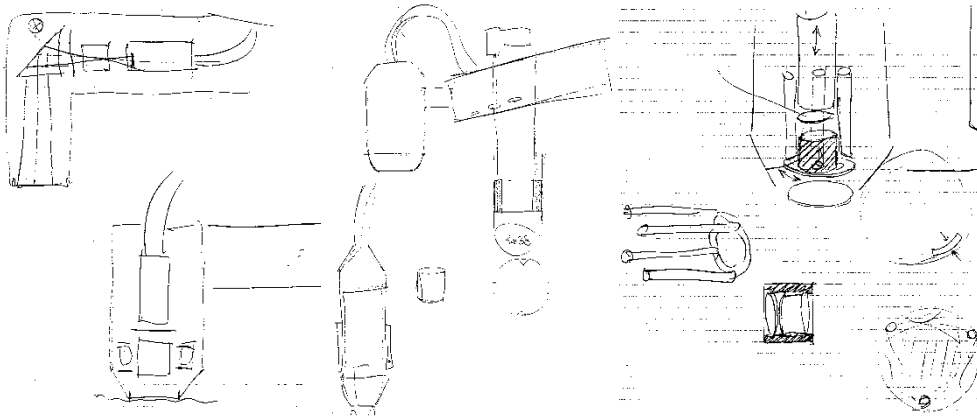
Ein Ausgangspunkt des Redesign Projekts ist ein (gezeichneter) Rohentwurf für einen verbesserten Prototyp des Geräts aus dem vorangegangenen Entwicklungsprojekt.



Zeich.Nr.:	Venice	Material:	
Datum:	DI	Benennung:	Rohentwurf
Gezeichnet:			
Ersatz:			
Ersetzt:			
Projekt:	Firma:	Maßstab:	Blatt Nr.:

Am Beginn des Redesignprojekts findet eine erste Sitzung statt, in der der Entwickler dem Abteilungsleiter der Abt. Konstruktion (A) das Projektvorhaben vorstellt.

Das Gerät nimmt mittels einer Miniatur-video-camera ein digitales Bild der Hautoberfläche auf und sendet die Signale über ein Kabel an einen PC wo das Bild am Bildschirm dargestellt wird (vgl. das Werbefoto der vertreibenden Firma, unten). Um die Aufnahmeschärfe einstellen zu können, muss eine Optik, die vor der Kamera anzuordnen ist, (mittel Elektromotor) verstellbar sein; ebenso verstellbar muß ein Polarisationsfilter sein, der störendes Streulicht filtert. Vorzusehen ist weiterhin eine Beleuchtung der Hautoberfläche. Aufgabe der Konstrukteure ist die mechanische Konstruktion des Geräts. In dieser Besprechung werden u.a. folgende Skizzen angefertigt. Wie man sieht, sind solche Skizzen unverständlich wenn der Zusammenhang ihrer Entstehung nicht bekannt ist.



In einer nächsten Designsession entwerfen der Abteilungsleiter und ein Ingenieur der Konstruktionsabteilung gemeinsam eine mechanische Konstruktion. Aus dieser Sitzung, dh. der Entstehung der Konstruktion, werden im folgenden Extrakte aus dem Transkript angeführt. In der Designsession wird am flipchart und an der Tafel entworfen. Nach dem Ende der Session zeichnet der Abteilungsleiter den Entwurf, der in der Sitzung am flipchart erstellt wurde auf einem (handlicheren) A4 Format.

Als man sich entschließt eine Konstruktion (zunächst als Einzelstück) in der Werkstätte fertigen zu lassen, werden Fertigungszeichnungen erstellt.

Die Zusammenstellungszeichnung der konstruierten Mechanik in CAD ausgeführt. Die Zeichnung ist nach den Konventionen für technische Zeichnungen (siehe Konventionen technischer Zeichnungen, unten) ausgeführt und ist für alle, die die Konventionen kennen, »lesbar«. Für jeden der Teile wird eine Fertigungszeichnung angefertigt, die Angaben für die Fertigung enthält – Form, Masse, Material, Oberflächenbehandlung usw.





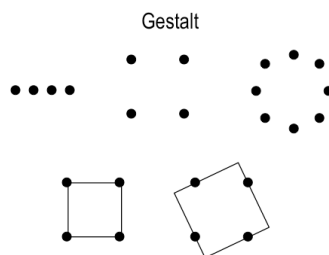
## 4 Sozialwissenschaftlicher Ansatz

### 4.1 Konzepte

#### 4.1.1 Gestalt

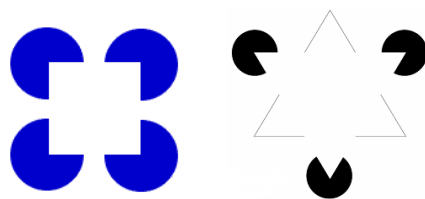
„Es gibt Zusammenhänge, bei denen nicht, was im Ganzen geschieht, sich daraus herleitet, wie die einzelnen Stücke sind und sich zusammensetzen, sondern umgekehrt, wo - im prägnanten Fall - sich das, was an einem Teil dieses Ganzen geschieht, bestimmt von inneren Strukturgesetzen dieses seines Ganzen.“ (Wertheimer<sup>37</sup>)

Nach Auffassung der Gestalttheorie ist die Mustererkennung nicht ein Vorgang des Aufspürens unabhängiger Merkmale, sondern des Erfassens ganzheitlicher, integrierter Strukturen, deren verschmolzene Eigenschaften nicht in den einzelnen Komponenten bzw. Teilen zu finden sind.



Wir tendieren dazu beispielsweise vier Punkte unterschiedlich wahrzunehmen, je nachdem wie die Punkte zueinander angeordnet sind. Vier Punkte nebeneinander werden tendenziell als (Punkte bzw. Bestand-teile einer) Linie gesehen; 'dieselben' vier Punkte anders angeordnet werden anders gesehen, z.B. als Teile eines Quadrates, genauer: als Eckpunkte eines Quadrates; d.h. es werden nicht bloß vier Punkte gesehen, sondern die vier Punkte werden, je nach Anordnung verschieden gesehen oder interpretiert. Werden vier Punkten verdoppelt und verdreht

hinzugeordnet, werden die nun acht Punkte nicht als zwei zueinander verdrehte Quadrate, sondern als Kreis gesehen. Wir tendieren dazu eine bekannte »Gestalt« (Linie, Viereck, Kreis, etc.) wahrzunehmen bzw. – wie oben bereits gesagt – eine Bedeutung zu sehen.



In den Bildern (links) sehen wir weniger vier Kreissektoren, sondern aufgrund ihrer Anordnung, Kreise, die von einem Quadrat bzw. Dreieck überdeckt sind, obwohl diese Figuren nicht dargestellt sind! Da Quadrat bzw. Dreieck als obenliegend gesehen aufgefasst werden, werden sie als Figuren im Vordergrund gesehen und es tritt das Figur-Hintergrund Phänomen auf: es werden Konturen des

Quadrats bzw. Dreiecks gesehen – auch dort wo nichts dargestellt ist, nämlich zwischen den Kreissektoren; und mehr noch die innerhalb der gesehenen Konturen liegende Fläche wird heller gesehen als die (gleich helle) Fläche außerhalb der Konturen, die im Hintergrund gesehen wird. Man könnte sagen es wird etwas gesehen, was in gewisser Hinsicht gar nicht da ist.

Für das Konzept der »Gestalt« gibt es keine Definitionen (im Sinne der Erklärung mit anderen Begriffen) sondern Spezifikationsversuche.

Gestalten sind

**übersummativ: Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile.**

**transponierbar.** dies wird u.a. deutlich (bei der auditiven Wahrnehmung) anhand von z.B. Melodien.

Melodien sind wiedererkennbare (akustische) Gestalten (Anordnungen – besser: Struktur von Tönen); eine Melodie kann in verschiedenen Tonarten gespielt (transponiert) werden; d.h. obwohl nun alle Elemente, Teile, Einzelheiten – Töne ausgetauscht wurde wird trotzdem dieselbe Melodie

<sup>37</sup> Wertheimer (1924): Über Gestalttheorie (<http://gestalttheory.net/gta/Dokumente>; 29.05.06)

wahrgenommen. Die Melodie besteht in diesem Sinne nicht aus bestimmten Tönen, sondern in der bestimmten Anordnung, Relation oder Struktur der Töne.

Bei der Wahrnehmung von Gegenständen gibt es keine neutralen Merkmale. Die Bedeutung der Details und sogar ihr Aussehen selbst wird von der Wahrnehmung des Ganzen bestimmt. Unser Sinn für die gesamte Situation und unsere frühere Erfahrung mit dem speziellen Gegenstand oder der betreffenden Struktur vermitteln uns einen Sinn für das Ganze und leiten uns beim Einfügen der Details an. Eine Gestalt bestimmt, was zu den Elementen zählt, die sie anordnet. Außerdem gilt: Ebenso wie die Einzelelemente (z.B. beats) nicht unabhängig von der Gestalt (Rhythmus) bestimmt werden können, ist umgekehrt die Gestalt (der Rhythmus) nichts anderes als die Anordnung der Einzelteile. Es besteht eine wechselseitige Abhängigkeit von Teilen und Ganzem.

### 4.1.2 Kontexte und Rahmen

Die Welt, in der wir leben, ist in hohem Maße strukturiert und vorhersagbar, zumal bestimmte Ereignisse in bestimmten Kontexten wesentlich wahrscheinlicher auftreten als andere. In alltäglichen Situationen bilden wir Erwartungen bezüglich der Dinge, die wir in verschiedenen Kontexten sehen sollen.

Bei intensiver Übung, wenn das Erkennen bestimmter Mustern gleichsam zu einer (Wahrnehmungs)gewohnheit wird, werden Muster automatisch erkannt und entziehen sich zunehmend der bewußten Aufmerksamkeit (tacit knowledge).

Das Konzept der Rahmen und Kontexte versucht die angesprochenen Phänomene der Wahrnehmung zu integrieren und Wahrnehmen als Tätigkeit mit kulturellen (Handlungs-) Mustern zu verbinden.

Analogie Bilderrahmen: Der Rahmen um ein Bild besagt, wenn wir ihn als eine Mitteilung auffassen, die dazu dient, die Wahrnehmung des Betrachters zu ordnen: »Achten Sie auf das, was innen ist, und nicht auf das, was außen ist.«

Der Bilderrahmen sagt dem Betrachter, dass er bei der Interpretation des Bildes nicht dieselbe Art des Denkens anwenden soll, die er bei der Interpretation der Tapete außerhalb des Rahmens einsetzen könnte. (Bateson)

Ein Ereignis (focal event), auf das sich die Aufmerksamkeit richtet bzw. wahrgenommen wird, tritt immer in einem Zusammenhang auf.

## Rahmen

Zunächst eine allgemeine Formulierung:

"Wenn der einzelne in unserer westlichen Gesellschaft ein bestimmtes Ereignis erkennt, neigt er dazu ... seine Reaktion faktisch von einem oder mehreren Rahmen oder Interpretationsschemata bestimmen zu lassen und zwar von solchen, die man primäre nennen könnte. Dies deshalb, weil die Anwendung eines solchen Rahmens oder einer solchen Sichtweise von den Betreffenden so gesehen wird, daß sie nicht auf eine vorhergehende oder 'ursprüngliche' Deutung zurückgreift; ein primärer Rahmen wird eben so gesehen, daß er einen sonst sinnlosen Aspekt der Szene zu etwas Sinnvollem macht."<sup>38</sup> (S.31)

Rahmen organisieren die Erfahrung. Einige Rahmen, wie z.B. wissenschaftliche Theorien, lassen sich als ein System von Gegenständen, Postulaten und Regeln darstellen; andere - die meisten - Rahmen sind nicht so gut umschrieben, ermöglichen aber ein Verstehen, liefern einen Ansatz oder eine Perspektive. Rahmen ermöglichen denen, die sie anwenden, die Wahrnehmung, Identifikation und Benennung von Vorkommnissen, die im Sinne des Rahmens definiert sind. Diejenigen die sich in einer Situation befinden stellen fest, was für sie die Situation sein sollte, und verhalten sich entsprechend. Sie werden (wie bei der Gestaltwahrnehmung) Einzelheiten gewahrt, die sie als solche nicht isoliert und zumeist auch nicht explizit wahrnehmen, sondern in ihrer Bedeutung, d.h. in einem Rahmen.

---

<sup>38</sup> Goffman Erving: Rahmenanalyse. Frankfurt/M. 1980

Rahmen legen Vorgängen, Ereignissen usw. in einer Situationen eine Ordnung oder Orientierung auf und erlauben ein Verstehen; einige Vorgänge werden in das Zentrum der Aufmerksamkeit gerückt (focal events), andere als nicht dazugehörig, als außerhalb des Rahmens betrachtet, als nicht dazugehörig empfunden und systematisch aus der Aufmerksamkeit ausgeblendet (selektive Wahrnehmung). Das dem Rahmen gemäß im Zentrum der Aufmerksamkeit stehende, offizielle Hauptanliegen - der Hauptvorgang - hebt sich vor einem Hintergrund anderer gleichzeitiger Vorkommnisse und Gegebenheiten ab, die als außerhalb des Rahmens stehend gelten.

Der Begriff der Rahmen gibt ein Konzept an die Hand, das es erlaubt, darauf zu achten, wie es in Designprozessen zu (welchen) Problemstellungen kommt; wie zunächst meist problematische Situationen so 'definiert', d.h. gerahmt und verstanden werden, daß Handlungsmuster, -typen, -strategien und ein 'course of action' aufgerufen werden, die die Situation in eine Richtung zu transformieren vermögen.

### Beispiel aus der Fallstudie

Zwei Konstrukteur (A und B) entwerfen gemeinsam eine erst Konstruktion der Verstellmechanik des und die Befestigung der Bauteile in einem Gehäuse Auflichtmikroskops. B ist zum ersten Mal in diesem Projekt beteiligt. Am Beginn der Designsession erläutert A den Stand des Projekts und die Problemstellung.

### Kontextualisierung und Rahmung

Beginn der Design-session: Extrakt 1 aus Protokoll (9:25:50 - 9:27:15)

A: wir machn an, an an Teil, den konstruktiven Teil solln wir machn. ...

Da gibt's jetzt an Prototyp, den haben's drübn in der Werkstatt gemacht.

B: Den habn's schon gemacht, oder?

A: den gibts= der is aber eher (.) net sehr (.) handlich und is a schwer zum (.) umständlich zum montiern. Und den wollns jetzt in Serie baun (((uv)))

B: [ mhm

A: ... und dann brauchns a anderssh Design. Und und des muß a besser und leichter zum Montieren sein ...

B: die Handhabung soll günstig sein, [(.) zum transportiern leicht wahrscheinlich

A: [ soll gut  
in da Hand liegn ((zeigt mit der Hand; Bild ))  
leicht solls sein, wartungsfreundlich...

B: und wird des bei Ärzten eingesetzt oder in Spitälern? Wo wird des eingesetzt?

A: Hautärzte

B: oder sollns die Hautärzte...

A: ja, vielleicht a in Spitäler ja. ...



A sagt, um was es in der Session geht und formuliert ein Ziel: „einen Teil machen, konstruktiven Teil machen“ kann als allgemeine Zielformulierung der Sitzung und als Konstruktionsziel gelesen werden.

A kommt dann auf den Prototyp des Geräts zu sprechen: „Da gibt es jetzt einen Prototyp“. A hat das gebaute Gerät nicht zur Sitzung mitgebracht. Das Verb »machen« in der ersten Äußerung bezieht sich darauf, 'den konstruktiven Teil' zu entwerfen, d.h. auf eine Modulation des Geräts. »Machen« in der zweiten Äußerung - 'den (Prototyp) haben sie drübn in der Werkstätte gemacht' - bezieht sich auf eine andere Ebene, nämlich nicht einer Modulation auf Papier, sondern die Anfertigung eines wirklichen

Geräts. Dieser nicht unwichtige Unterschied der Bedeutung von »machen« ergibt sich aus den Rahmen, in dem das Verb aufgefasst wird. Um eine Fehlrahmung zu vermeiden und sich der richtigen Deutung der Situation zu versichern, fragt B nach dem geltenden Rahmen: „den haben sie schon gemacht, oder?“

Dieser Rahmen gibt allen weiteren Beschreibungen des Geräts gleichsam ein Vorzeichen, verleiht ihnen ein anderes Gewicht; daß es sich nämlich um Beschreibungen eines wirklichen Geräts und nicht eines auf dem Papier oder einem CAD-Programm existierenden Entwurf des Geräts handelt.

A bestätigt die Existenz des Geräts und fügt sogleich Kritik an. Die Kritik am gebauten Gerät ist gleichzeitig eine Zielformulierung für die nunmehrige Konstruktion, es soll: handlich, (nicht) schwer bzw. 'besser und leichter zu montieren' und in Serie zu bauen sein. Das Gerät soll ein anderes Design haben. B fügt, ohne das Gerät und seine Funktion näher zu kennen, weitere »wahrscheinliche«, man kann sagen, allgemein bekannte Ziele hinzu - B: 'Handhabung soll günstig sein, leicht zu transportieren'. A ergänzt weitere Ziele: 'gut in der Hand liegen', 'leicht', 'wartungsfreundlich'.

Betrachtet man diese Sequenz aus der Sicht ingenieurwiss. Ansätze, so ist der Beginn dieser Sitzung dem ersten Arbeitsschritt "Klären und präzisieren der Aufgabenstellung" (vgl. Vorgehensmodell VDI-Richtlinie 2221) zuzuordnen. Die Formulierungen weichen offensichtlich von den oben angeführten Richtlinien zur Erstellung einer Anforderungsliste (insbesondere "positiv formulieren", "Eindeutigkeit") ab. Damit weichen hier die beobachteten Konstrukteure vom - im ingenieurwiss. Ansatz postulierten - rationalen Designprozess ab. Eine Erklärung für die Abweichung durch mögliche Einflussfaktoren (vgl. deskriptives Modell im ing.wi. Ansatz) wird hier nicht versucht; der wichtigste individuelle Einflussfaktor, nämlich 'Erfahrung', dürfte hier nicht zum Tragen kommen, da beide Konstrukteure über langjährige Erfahrung verfügen.

Es scheint in dieser Sequenz weniger darum zu gehen, Ziele zu definieren, sondern durch Aufzählung einiger Merkmale sich eines gemeinsamen Verständnisses zu versichern.

B fragt nun, etwas mehr als eine Minute nach Beginn der Sitzung

B: 'Wird das (Gerät) bei Ärzten eingesetzt oder in Spitälern? Wo wird das eingesetzt?'

Die Frage bezieht sich auf den Anwendungskontext des Geräts. Mit der Antwort 'Hautärzte und Spitäler' wird der Rahmen benannt, in dem das Gerät zum Einsatz kommen soll. Mit der Nennung des Anwendungskontextes wird ein - wie die Konstrukteure bestätigten - laienhaftes, wiewohl umfängliches Wissen unterstellt, wie es in Arztpraxen bzw. Spitalskliniken zugeht und in welchem Typ von Situation und Handlungszusammenhang das Gerät zu sehen ist. Die Anwendungssituation ermöglicht eine globale Wahrnehmung und globale Erwartung an das zu konstruierende Gerät.

Der Rahmen bietet eine Interpretationsanleitung für die gegebenen und weiteren Beschreibungen, wie 'leicht', 'gut in der Hand liegen'. Was mit 'leicht' gemeint ist, kann durchaus verschieden sein, je nachdem es z.B. im Rahmen von Bauarbeiten, einem Stahlwerk, einem Labor oder eben einer Klinik verstanden wird. Dinge haben Bedeutung in Kontexten.

## 4.2 Zwischenbetrachtung: Ingenieurwiss. – sozialwiss. Ansatz

Ingenieurwissenschaftliche Ansätze gehen von der Annahme aus, dass Dinge, Vorgänge, Ereignisse »in der Außenwelt« insbesondere requirements, also Designziele, Constraints, Wünsche der user, etc. vorgegeben sind. Das Forschungsinteresse richtet sich dann darauf, die Gegebenheiten adäquat abzubilden. Zielsetzung ist es demnach, Methoden zu entwickeln, die es erlauben, die »Dinge in der Außenwelt« möglichst genau, eindeutig und vollständig abzubilden. Angenommen wird dabei, dass Ziele, Constraints, Wünsche etc. sowie auch die Probleme unabhängig und bereits vor dem Designprozess »existieren« und am Beginn des Designprozesses in einem separaten Arbeitsschritt (z.B. requirements specification) m.H. v. geeigneten Methoden zu erheben sind.

Der sozi. Ansatz im Design Research geht demgegenüber davon aus, dass wir die »Dinge in der Außenwelt« vermittelt, d.h. in ihrer Bedeutung (für uns / in einer Situation) wahrnehmen.

Mit den 'Phänomenen der Wahrnehmung' wurde anhand von speziell dafür konstruierten Figuren demonstriert, dass wahrnehmen z.T. erlernt und kulturabhängig und auch situations- bzw. kontextabhängig ist. Gezeigt wurde auch, dass viele erlernte Sehgewohnheiten unbewusst sind und, wie auch die sog. Wahrnehmungstäuschungen gezeigt haben, denen man sich oft schwer entziehen kann [vgl. Schön & Wiggins: "designers lock into them"]. D.h. dass die Bedeutung des Wahrgenommenen vom Wahrnehmenden für selbstverständlich genommen wird. Innerhalb einer (Sub-) Kultur, die u.a. gemeinsame Sehgewohnheiten teilen, werden diese für selbstverständlich genommen bzw. wird die Vermitteltheit der wahrgenommenen Bedeutung und der damit eingebrachte (Bezugs-) Rahmen bleibt unbeachtet.

Der sozi. Ansatz im Design Research geht demnach von einer mehr oder weniger weiten Bedeutungsoffenheit bzw. »**interpretativen Flexibilität**« aus; d.h. dass Dinge, je nach Kontext, zumeist verschiedene – meist jedoch nicht beliebige – Bedeutungen haben können. Dinge haben Bedeutung in Kontexten bzw. können verschiedene Bedeutungen in verschiedenen Kontexten haben.

Designziele, Constraints und Wünsche können mehr oder weniger eindeutig formulierbar sein.

Eine vollständige und eindeutige Liste von Designzielen und constraints würde das zu entwerfende Produkt festlegen, dann gibt es aber nichts mehr zu entwerfen. Andererseits: kein Designing ohne Ziele, Wünsche, Constraints.

Zumindest einige Designziele und Constraints sind am Beginn nicht eindeutig, bedeutungs offen, interpretativ flexibel und ihre Bedeutung wird im Designprozess z.T. erst generiert. Insofern kann der Designprozess als interpretativer Prozess aufgefasst werden.

Der sozi. Ansatz im Design Research versucht im Unterschied zu ingenieurwiss. Ansätzen weniger die Methoden für requirements specifications zu entwickeln mit denen die 'wirklichen', 'eentlichen' Ziele, Wünsche, ect. erhoben werden können. (wiewohl sozialwissenschaftlicher Methoden wie Befragungen, Interviews, (ethnographische) Beobachtung usw. in der Designpraxis sehr nützliche Instrumente sind). Der sozi. Ansatz fragt darüber hinaus, welche Bedeutungen die Dinge für verschiedene Akteure haben, d.h. wie Akteure (Designer, user, Auftraggeber etc.) die Dinge sehen und wie sie diese Sicht zustande bringen. Konzepte zur Beschreibung der Vermitteltheit wurden vorgestellt wie Gestalt, Kontext und Rahmen.

# Designing als Interaktion

## 4.3 Kinds of seeing and their functions in designing

(Textauszug<sup>39</sup>) Donald A Schön and Glenn Wiggins, *Design Studies* Vol 13 No 2 1992.

We shall describe architectural **designing as a kind of experimentation** that consists in **reflective »conversation« with the materials of a design situation**. A **designer sees, moves and sees again**. **Working in some visual medium - drawing**, in our examples - the designer sees what is 'there' in some representation of a site, draws in relation to it, and sees what has been drawn, thereby informing further designing.

In all this '**seeing**', the designer not only visually registers information but also **constructs its meaning - identifies patterns and gives them meanings beyond themselves**. Words like 'recognize', 'detect', 'discover' and 'appreciate' denote variants of seeing, as do such terms as 'seeing that', 'seeing as' and 'seeing in'.

Our purpose here is to explore the kinds of seeing involved in designing and to describe their various functions. At local and global levels, and in many different ways, **designing is an interaction of making and seeing, doing and discovering**. On the basis of a few minuscule examples, we shall suggest some of the ways in which this sort of interaction works. ...

### [Case Study]

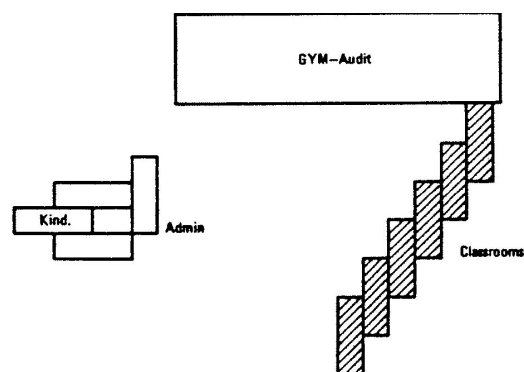
Imagine a first-year design studio in a department of architecture. The studio project is the design of a school, for which the students have been given both a programme and a site. They have been working on this project for about a month when the studio master (Quist) sits down next to one of the students (Petra) to conduct a design review. This design review may be divided into several (episodes). In the first of these, Petra presents her preliminary sketches and describes the problems she has encountered. Quist reframes the problems in his own terms and proceeds to demonstrate the working out of a design solution.

### The protocol (Schön 1987 p. 46)

Petra: I am having trouble getting past the diagrammatic phase ...

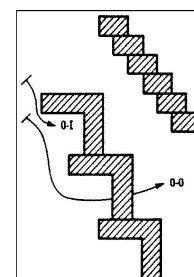
I've tried to butt the shape of the building into contours of the land there-but the shape doesn't fit into the slope. [She has a model with a slightly exaggerated slope; they discuss this.]

I chose the site because it would relate to the field there, but the approach is here. So I decided the gym must be here-so [showing rough layout-see illustration in fig.] I have the layout like this.



Quist: What other big problems?

Petra: I had six of these classroom units but they were too small in scale to do much with. So I changed them to this more significant layout (the L-shapes). It relates grade one to two, three to four, and five to six grades, which is more what I wanted to do educationally anyway. What I have here is a space which is more of a home



<sup>39</sup> Mit Textergänzungen aus Schön 1987

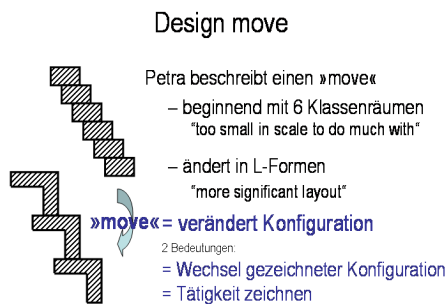
base. I'll have an outside/inside which can be used and an outside/outside which can be used- then that opens into your resource library/language thing.

## [Design move]

Figure 4-1 Petra's drawing

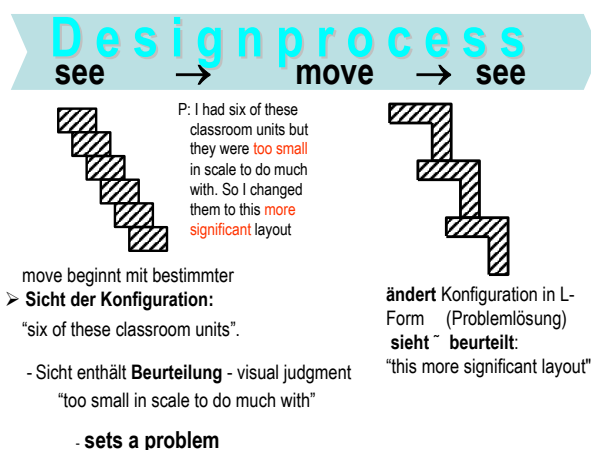
Let us assume for the moment that this snippet of drawing and description represents the whole of a design process. How shall we describe it?

First of all, Petra describes a move she has made. Beginning with the 'six classroom units' (she does not tell us how she got to them in the first place), she has found them 'too small in scale to do much with' and she has changed them into the L-shapes, 'this more significant layout'. What we mean by a »move« is just such a **change in configuration** as Petra now describes in words and has made earlier in her drawing. This move of hers can be seen in two ways: first, as an **accomplished transformation**, a shift from one drawn configuration to another; and second, as the **act of drawing** by which the transformation is made.



## [Seeing-moving-seeing]

Petra's move begins with a particular **way of seeing the first configuration**, "six of these classroom units". Her way of seeing them **involves a judgment** of quality: she finds them "too small in scale to do much with". Hence, she changes them to the L-shapes, which she sees as "this more significant layout".



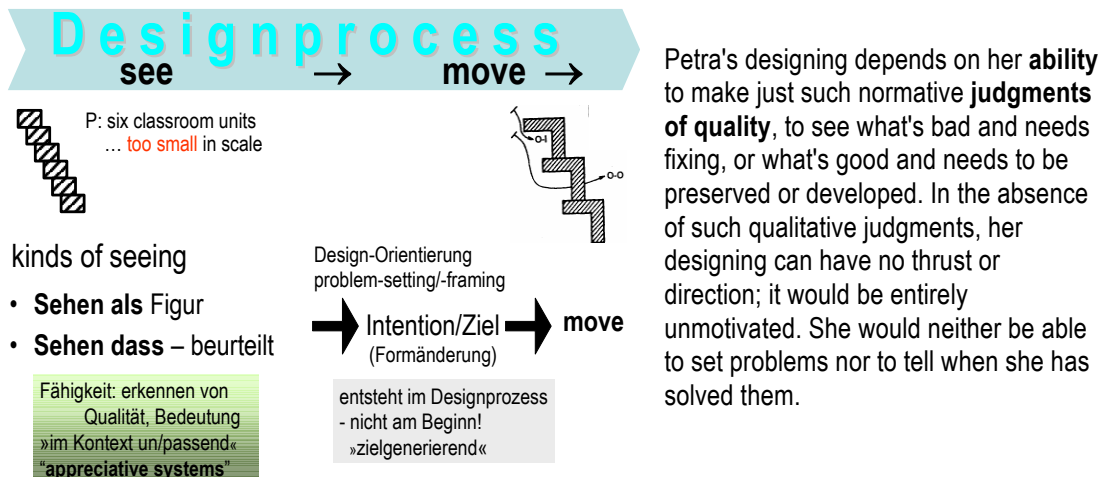
With her first **visual judgment**, Petra has **set a problem**: "too small in scale". She makes her move in order to solve this problem, and with her subsequent description, "this more significant layout", she expresses a second judgment, namely, that the problem she initially set has now been solved. Petra's **judgments are embodied in acts of seeing**. She sees that the six classroom units are too small in scale to do much with, and sees that the three L-shapes are more significant (clearly, she means to indicate that they are more significant in scale, whatever other significance they may also

turn out to have). Her design snippet can be schematized as **seeing-moving-seeing**.

In this schema, two senses of the word 'see' are involved.

- (1) Petra 'sees what's there'. She *literally* sees the classroom units she has drawn (and **sees** them **as** a coherent pattern).
- (2) she sees that they are too small in scale. The word, 'see', in its second sense, conveys a *judgment* about the pattern 'seen' in the first sense.

The two senses are merged in Petra's statement, 'They were too small in scale to do much with'. In a single act of seeing, she both visually apprehends the configuration and judges its scalar quality.



Two features of such judgments should be noted.

- (1) our ability to recognize qualities of a spatial configuration does not depend on our being able to give a symbolic description of the rules on the basis of which we recognize them. For purposes of designing, we need only recognize when something is mismatched to a given context and when a move makes that something better or worse in relation to its context. In this instance, Petra does more. She not only recognizes a mismatch but names the quality ('too small in scale') in relation to which she recognizes it.
- (2) Petra's judgment is her own. It is, to this extent, a subjective judgment. Other designers may not agree with her. For example, some of them might find her six classroom units quite significant enough. The point is not that Petra's judgment is wrong. A survey of expert designers might show that her judgment is entirely consistent with good design practice, ...

### [move experiment]

Petra's snippet of designing can be understood as a kind of a »**move experiment**« just because of her subjective judgments of scalar significance. Judging her first configuration as "too small in scale to do much with", she makes her move - changing it to the L-shapes - and finds the new layout "much more significant". Conceivably, she might have found that the change in configuration brought no improvement in significant scale. Having seen the problem and made her move, she might discover that she had not succeeded in solving the problem. She has to see the results of her move in order to discover that her experiment has "worked" or, as we shall say, that her move has been affirmed rather than negated. ...

Clearly, designing depends on such qualitative judgments ... (or) appreciations (as part of) **appreciative systems**<sup>40</sup> (systems of beliefs, values, norms, etc.) through which they are made. Appreciative systems possessed by individuals, sometimes shared by groups or by whole cultures ... Appreciations are expressed in acts of judgment that we are able to make, tacitly, without necessarily being able to state the criteria on the basis of which we make them.

"We can recognize and describe deviations from a norm very much more clearly than we can describe the norm itself."

(Der Ausdruck »appreciative systems« ist auch verwandt mit dem Begriff »tacit knowledge« - ein Wissen, über das wir verfügen, jedoch nicht ohne weiteres in Worte fassen können; z.B. verkörpertes

<sup>40</sup> Schön & Wiggins übernehmen diesen Begriff von Vickers G. (1965) The Art of Judgement. Basic Books. Im Buch "Frame Reflection" von Schön & Rein (1994) fassen sie "structures of belief, perception, and appreciation" (p 23) als frames



Wissen, wie Fertigkeiten – Bs. Radfahren, Gebrauch von Werkzeugen, etc. oder auch Fähigkeiten wie – Bs. Erkennen eines bekannten Gesichtes unter tausenden Gesichtern.)

In several important respects, appreciative systems are variable. They may vary from individual to individual. For example, some other designers may not share Petra's judgments of significance and scale. On the other hand, among the members of a certain group of designers, there may be a large area of overlap in appreciations - sufficient, even, to allow us to ... infer the existence of a particular design community.

Appreciative systems are variable in the further respect that they may evolve over time. ... And how an appreciative system develops and comes to be shared by a group of designers seems to have a great deal to do with the process by which design communities evolve.

Drawing on ... ideas of appreciative systems, we can reformulate Petra's move experiment. We can say that on the basis of her initial appreciation of the six small classroom units, she formed the intention of changing them to a more significant layout. She then made her move and discovered, through her appreciation of the new configuration, that she had realized her intention. To this extent, her move was affirmed. It is worth noting that her **intention was not fully established at the beginning of her design process**, but evolved through her appreciation of an intermediate design product. Her intention developed in 'conversation' with the process by which she transformed her design. An evolving intention is one of the outputs of her designing. (Vgl. diese Beschreibung mit Vorgehensmodellen ing.wiss. Ansätze Kap. 2)

It would not be correct, however, to say that Petra's move experiment consists of nothing more than the formulation and realization of an intention. On the contrary, as we shall now show, one of the most striking features of this snippet of designing is the role in it of the discovery of certain unintended consequences.

### [discovery of unintended consequences]

After she has noted the more significant layout of the L-shaped forms, Petra goes on to say that

It relates one to two, three to four, and five to six grades which is more what I wanted to do educationally anyway. What I have here is a space which is more of a home base. I'll have an outside/inside which can be used and an outside/outside which can be used - then that opens into your resource library/language thing.

Beginning with the intention to produce something of more significant scale, Petra finds that she has also done other things. She has spatially grouped proximate grades so that, for example, grades one and two are placed next to each other in the same 'L', separate from (but adjacent to) the 'L' that contains grades three and four - something she says she 'wanted to do educationally anyway'.

She has created here a space - presumably, the whole space made up of the three L's - which is 'more of a home base'. And she has created two kinds of spaces (outside/inside and outside/outside) that she finds 'usable'. These discovered consequences of her move were not part of her intention for it. (We infer that even though the new grouping of classroom fits 'what she had wanted to do educationally anyway', it was not part of her intention for this move.) Nevertheless, having drawn the L-shapes, she sees that she has done these things. And it is clear, in context, that she finds qualities in them that she judges to be desirable. Indeed, she offers this additional description of the L-shaped layout as a further justification for her move.

We can now spell out a more complete account of the **conditions under which a move experiment** like Petra's is **affirmed**:

- ✓ the intended consequences of the move are achieved and its
- ✓ unintended consequences are judged desirable.

In colloquial terms, 'You get what you intend, and you like what you get.'

One of Petra's references suggests a slight extension of the meaning of the phrase, 'like what you get'. Petra sees that the two kinds of spaces are 'usable'; that is, she imagines uses for them. Hence, 'like what you get' should be modified to include 'like what you see that you can make of what you get'. ...

In this snippet of seeing-moving-seeing, then, Petra detects unintended as well as intended consequences of her move and judges, or appreciates, their qualities. One might say that her appreciative system enables her to recognize unintended consequences and qualities of the change she has made. One might also say that her ability to recognize features of the new configuration gives her access to parts of her appreciative system that might not otherwise come into play in this design episode.

### [kinds of 'seeing' in designing]

Let us note, at this point, that we have introduced a number of terms to refer to different kinds and aspects of 'seeing' in designing. We have referred to seeing, in the sense of

- visually apprehending what's there to see;
- detecting the consequence of a move;
- judging, or appreciating, the quality of a configuration, which may be produced as a consequence of a move; and
- recognizing a feature or quality, that is, becoming aware of it regardless of our ability to state the criteria by which we do so.

### [domains & complexity]

We can now go on to observe that the qualities Petra intended to produce with her move and the qualities she finds she has unintentionally produced, are of very different kinds. 'Scale', or 'significant scale', is a quality of spatial configurations that belongs to a domain that might be labelled 'form'. It is a term peculiar to architecture as well as to other plastic arts - painting, sculpture, photography, for example - and it is compositional in nature. ...

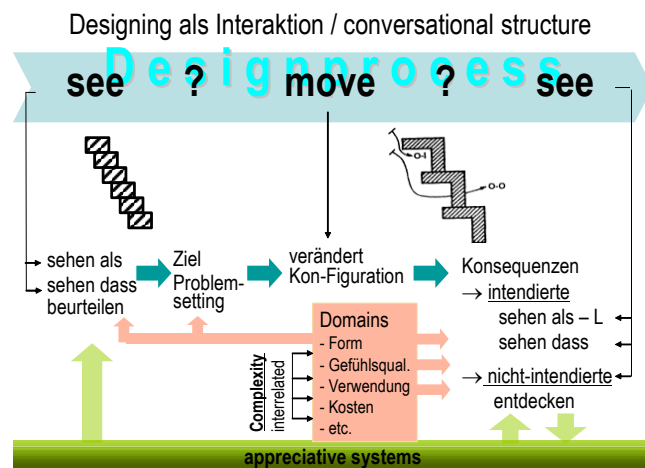
On the other hand, 'home base' seems to refer to a feelingful quality of places. In order to function as a home base, a space must serve as a special sort of place for those who use it and they must experience it in a special way. 'Outside/inside' and 'outside/outside' refer to kinds of spaces defined both by their relationships to building shapes and by the kinds of uses that can be made of them. And when Petra says that the L-shapes 'relate grade one to grade two', and so on, she refers to functions of spaces that have particular meanings within the programme for a school.

Let us call the domains from which these descriptions are drawn 'form', 'feelingful qualities of places', 'organization of space', and 'programme use'. ...

Petra begins to work in one domain, the formal one. It is, however, in the other domains ... (building elements, structure/technology, building character, reference to styles or architectural modes, cost) that she discovers the unintended consequences and qualities of her move. One might ask why she does not include all of them in the formulation of her original intention, why she does not work simultaneously in many domains? To this question there two answers, closely coupled.

- (1) at the point of conceiving and undertaking her move, Petra does not seem to have been aware of all the domains that would be affected by it. She begins with attention of 'significant scale' and needs to see what she has drawn in order to discover the consequences and qualities she later identifies as affected by her move.
- (2) there is the question of **complexity**, a feature essential to designing (vgl. Kap 1.2). ... When we design, we deal with many domains and many qualities within domains; our moves produce important consequences in more than one domain. In the extreme case, a move informed by an intention formulated within one domain has consequences in all other domains. Because of our limited information processing capacity, we cannot, in advance of making a particular move, consider all the consequences and qualities we may eventually consider relevant to its evaluation.

If Petra had initially formulated her problem in terms of all the consequences and qualities in all of the domains she eventually found worthy of mention, the problem solving task confronting her would have seemed overwhelmingly complex. Working initially in one domain, however, she can allow considerations in other domains to enter into her work piecemeal as she discovers the unintended consequences of her moves. The sequential structure of her **seeing-moving-seeing** enables her to **manage complexity**.



For these two reasons, then - reasons we might shorthand as 'limited awareness' and 'limited ability to manage complexity' - designing (to the extent that it resembles Petra's snippet) has the conversational structure of seeing-moving-seeing, where the second 'seeing' involves recognition of unintended as well as intended consequences, and where unintended consequences fall into domains other than those in which the problem and its prospective solution are initially formulated.

From a slightly different angle, the **conversational structure** of designing is a means of harnessing our remarkable ability to recognize more in the consequences of our moves than we have anticipated or described ahead of time. Having made her L-shaped layout, Petra recognizes in it a home base, an outside/inside, and a spatial grouping of grades one and two. Interestingly, she does not see in it (or does not mention) consequences and qualities of no importance to her; her appreciative system has apparently screened these out. But the consequences and qualities she selects for attention do become, from that point on, conscious design considerations. Having created a 'home base', for example, Petra might think twice about any move that threatened to spoil it. Because she can recognize in her moves more than she has intended for them, she can sequentially tackle the complexity of her design situation.

As we consider all this, however, we must remember that Petra is a first year design student. Perhaps a mature architect can work in simultaneously in many domains ... 'siting', 'cost', 'construction technology', 'building character', and the like. Perhaps he is able to work simultaneously in several of these domains, imagining how possible moves may affect all of them. Indeed, we might speculate that Petra herself, when she has completed this design project, will have developed a better 'feeling' for the possible interactions of design domains - a better understanding, for example, of the ways in which particular kinds of school building configurations may lend themselves to certain kinds of uses while constraining others, produce or exclude certain kinds of usable spaces, suggest or inhibit certain feelingful qualities. If this is so, we can see her designing as a cumulative process of discovery whose output is not only an elaborated intention (as mentioned above) but an enriched understanding of relationships among moves, consequences and qualities across multiple domains. And to the extent that Petra is able to see her next project as a variant of this one ... then she may be able to work from the very beginning of that project across several domains at once.

## [re-framing<sup>41</sup>]

Petra has taken the contours of the land seriously, accepting the norm that building shape and land contours must fit one another. In her sketches she has tried the experiment of "butting" the shape of her building into the contours of the slope, but the experiment has failed; hence the problem.

Petra: I am having trouble getting past the diagrammatic phase

Petra has experimented with the size and arrangement of her classroom units. She has found that classrooms must reach a threshold of scale in order to be "significant" enough for design. By regrouping the six smaller classroom units into three large L-shaped ones, she has tried for "more significant scale." But in doing so, she has also put next to one another the spaces which contain the people who ought most to encounter one another, and she has created a "home base," which sounds like a good place to be, a private outer space which can be used by the kids, and an inner space which has to do, perhaps, with the circulation of the school.

Quist's reframing of the problem.

Q: Now this would allow you one private orientation from here and it would generate geometry in this direction. It would be a parallel . . .

P: Yes, I'd thought of twenty feet . . .

Q: You should begin with a discipline, even if it is arbitrary, because the site is so screwy-you can always break it open later.

The main problem, in Quist's view, is not that of fitting the shape of the building to the slope; the site is too "screwy" for that. Instead, coherence must be given to the site in the form of a geometry - a "discipline" - which can be imposed upon it.

In the remainder of this phase of the protocol, Quist plays out the consequences of such a move.

Quist's demonstration will now center on the new problem of coordinating the constructed geometry with the "screwy" contours of the slope. But the geometry can be "broken open" again. I think this means that you can dissolve the original discipline in order to try another one and that you can later make knowing violations of the initial geometry. In Quist's metaphor, the geometry is a sort of armor that, once constructed, can be broken open in places. Quist will speak often of the need to "soften" a consistent discipline by consciously departing from it. (49)

...

Analysis of the Protocol (pp 56)

Quist's designing takes the form of a reflective conversation with the situation.

At the beginning of the review, Petra is stuck:

I've tried to butt the shape of the building into the contours of the land there-but the shape doesn't fit into the slope.

Quist criticizes her framing of the problem, pointing out that she has tried to fit the shapes of the buildings into the contours of a "screwy" slope that offers no basis for coherence. Instead, he resets her problem:

You should begin with a discipline, even if it is arbitrary . . . you can always break it open later.

Petra should make the screwy site coherent by imposing on it a discipline of her own, a "what if" to be adopted in order to discover its consequences. If these are unsatisfactory, she can always "break it open later."

---

<sup>41</sup> Schön (1987) pp.48

From "you should begin with a discipline" to "this works slightly with the contours," Quist plays out the consequences of the new discipline by carving the geometry into the slope. In the media of sketch and spatial-action language, he represents buildings on the site through moves, which are also experiments. Each move has consequences described and evaluated in terms drawn from one or more design domains. Each has implications binding on later moves. And each creates new problems to be described and solved. Quist designs by spinning out a web of moves, consequences, implications, appreciations, and further moves.

Once the smaller classroom units have been made into L-shaped aggregates, they are "more satisfactory in scale," "put grade one next to grade two," and imply ("generate") a "geometry of parallels in this direction." Given these changes, Quist invents a new move: "that being the gully and that the hill, that could then be the bridge." The bridge also generates something new, an upper level that "could drop down two ways."

Each move is a local experiment that contributes to the global experiment of reframing the problem. Some moves are resisted (the shapes cannot be made to fit the contours), while others generate new phenomena. As Quist reflects on the unexpected

consequences and implications of his moves, he listens to the situation's back talk, forming new appreciations, which guide his further moves. Most significantly, he becomes aware that the gallery he has created, the "soft back area" to the L-shaped classrooms, has become "in a minor way . . . the major thing." Seizing on the gallery's potential, he "extends it here so as to look down into here." Later, he carefully avoids placing the administration building on the site in a way that would spoil "the whole idea."

Thus the global experiment in reframing the problem is also a reflective conversation with the situation in which Quist comes to appreciate and then to develop the implications of a new whole idea. The reframing of the problem is justified by the discovery that the new geometry "works slightly with the contours," yields pleasant nooks, views, and soft back areas, and evokes in the situation the potential for a new coherence. Out of reframing of Petra's problem, Quist derives a problem he can solve and a coherent organization of materials from which he can make something he likes.

Three dimensions of this process are particularly noteworthy:

- the domains of language in which the designer describes and appreciates
- the consequences of his moves, the implications he discovers and follows, and
- his changing stance toward the situation with which he converses.

### 4.3.1 »Sehen als« Gestalt im Designing

Seeing patterns: the library exercise

There is a kind of seeing involved in Petra's seeing-moving-seeing that we have assumed but have not so far discussed. It consists in a kind of '**seeing as**' - seeing lines on a page as a spatial pattern, that is, a figure or **gestalt**.

When Petra sees her six classroom units, she does not merely see six small squares; she sees them arranged in the pattern shown in Figure (above). Similarly, she sees not just three larger L's but the L-shaped layout shown there. We also see these figures, and see them first and foremost. We see the six small squares and the three L-shapes, each embedded in its particular figure, and must inspect the figure in order to identify the number of individual elements within it.

That we see these patterns, and see them more or less as Petra sees them, is highly likely, at least for people brought up in Western culture. How exactly we see them, and how our ways of seeing them may differ, is another story, to which we will turn shortly. At this point, we want to observe that our ability to

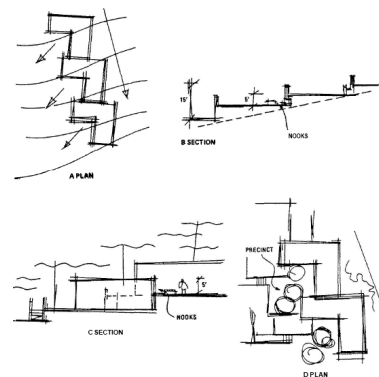
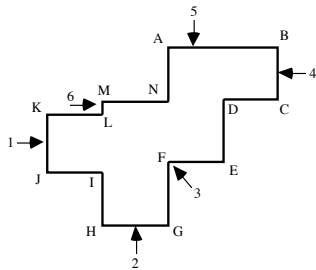


Figure 4-2 Reflection in Action

see figures rather than mere aggregations of elements [vgl. Gestalt wahrnehmen, oben] is essential to the other kinds of 'seeing in' and 'seeing as' discussed in the previous section.

Interestingly, Petra sees at least two levels of patterns. First of all, she sees the 'L's' themselves. Indeed, for her to call them 'L-shapes' (rather than, for example, 'steps' or 'incomplete rectangles') says a great deal about how she sees them. At a second level, she sees the 'L's' arranged in a coherent 'layout'. Her ability to see these levels of patterns in the marks she has drawn on the page is essential to her ability to see how the L-shaped array groups grades one and two, creates an outside/outside, and so on.

In order to explore further how the seeing of patterns functions in designing, let us consider a design exercise which we call the 'Library entrance' exercise. Designers are presented with the 'footprint' of a building, as shown in Figure. They are told that the figure represents the 'footprint' of a suburban branch library, and they are asked to carry out the following task:



»A library association of the Commonwealth of Massachusetts has this generic footprint that they use for branch libraries throughout the State, typically in suburban locations. All these are one-storey buildings. They hand the footprint to architects, and ask that the various libraries be designed to fit it. They use the six generic entrances marked numbers 1 to 6 (as in Figure). They have had problems with entrances, and so they have come to you, as a consultant, to analyse their entrances for them and give a set of guidelines for the architects that will have to design these buildings. They want to know what each entrance implies as to the siting of the building, the massing, the internal organization,

and whatever else seems to you to be important. So these can be arranged in any way you wish on the site, and there are varying sites with different directions of access, and so on. The dimensions of the footprint are a hundred feet, from K to B, and eighty feet from B to G.«

As each designer worked on this exercise, he or she was asked to think out loud, in so far as possible, and was supplied with tracing paper for drawing. ...

Each participant saw the footprint (in Figure) as a particular kind of figure, strongly linked to a particular way of thinking about the task. For example, one practicing architect quickly divided all the numbered entrances into two groups: he called numbers 1, 2, 4 and 5 end entrances ('coming in at the end') and called numbers 3 and 6 middle entrances ('coming in the middle of the form' and 'coming in on the side of the building', respectively).

"However, he uses evocative metaphors to name the figure he sees, referring at one point to the 'peninsular places at the end' and later, to a 'middle' with 'pods at the side'. What Benny sees is not well described as an array of points, line segments and angles, each specified with respect to its position, dimension and shape. Rather, he sees a particular, coherent figure, or **gestalt**: a 'middle' with three 'pods' or 'peninsular places' attached to it. It is important to notice several things about such **gestalts**.

First, they are coherent wholes, perceived as such. Benny sees the footprint as a whole figure, not as an assemblage of pieces that happen to be spatially juxtaposed.

The figure Benny sees is a familiar one, a familiar *type* of figure that he brings to his perception of the marks on the page that make up Figure 1. He sees this figure as 'a middle with three pods attached to it'.

What is especially important about spatial gestalts like Benny's is that they have crucial functions in designing. They are literally the figures on which the designer reasons."<sup>42</sup>

This way of grouping entrances - which depends, of course, on seeing the 'footprint' as having 'ends' and 'middle' - gave him a key to the problem. Coming in at the end, he said, makes 'a very simple building', where what goes on at the entrance and in the building as a whole will 'work'. He

<sup>42</sup> Schön, Donald: Designing: Rules, types and worlds. In: Design Studies, Vol 9, No 3, 1988.

characterized numbers 3 and 6 as 'more difficult' but also 'more interesting' and even 'poetic'. However, he noted, 'poetry is for poets' ...

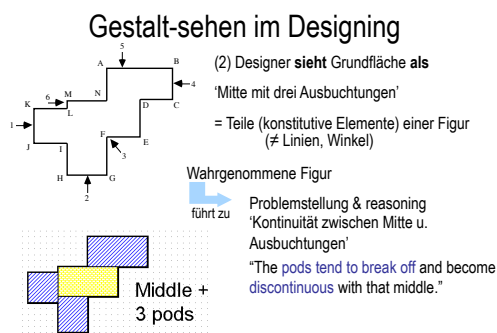


figure holds until he becomes aware of it → he considers other ways of reading

attached to it. This figure is made up of parts - not the conventional elements of Euclidean geometry (points, lines, angles), nor only a set of marks on the page, but constituent elements (pods, middle) that function in Benny's perception to make up the figure he sees in the marks on the page. Benny's design thinking was decisively influenced by the figure he saw in the footprint. For example, several of the rules he adduced made explicit reference to it. He spoke, early in his protocol, about the problem of establishing 'continuity' between pods and middle

The pods tend to break off and become discontinuous with that middle.

And later, when he suggested how the desirable continuity could be achieved, he spoke of it as

...in fact the relationship that one would try to get between all three pods and the middle space.

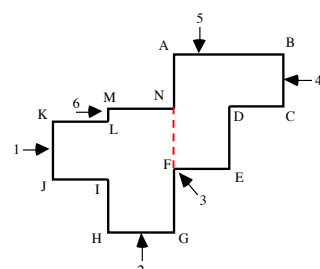
Much of Benny's reasoning can be read as the development of a single line of thought based on the relations between 'middle space' and 'pods'. These are the things and relations with which he is working at this point in his approach to the task.

Such figures are not often explicitly invoked. Rather, designers seem to lock into them - usually very quickly - and then work from them, explicitly referring to problems constructed on the basis of figures that are perceived but not explicitly described.

In Benny's case, his initial figure holds until he becomes aware of it. About one third of the way through his protocol, after making the comments cited above, he observes,

It seems reasonable to read it that way - three pods and a middle space

At just this point, however, he begins to consider other ways of reading the figure. In a conventional sense, the geometry of the footprint has not changed; it still consists of the same array of line segments and angles. But now Benny begins to see other figures in the footprint, illustrating as he does so how for



any given set of marks on a page, different people, or the same person at different times, may construct different figures. So Benny now suggests that the footprint might be seen as 'two L's back to back' (as in Figure). One might think of the right-hand 'L', he says, as 'one big use space', but if so, one has to worry about 'the lack of any space to move in between the two of them'. Seeing a new figure, he sets a new problem.

In Benny's protocol, then, we can more clearly discern a kind of seeing less obviously present in Petra's snippet. On the basis of a figure constructed from marks on a page, the designer sets and solves the problems that inform and motivate his further designing. The schema of conversational move experiments - seeing-moving-seeing - depends, in the first instance, on our ability to construct such coherent figures. ...

Another participant, a design instructor we will call Benny, spoke, like the others, about 'ends' and 'middle'; however, he discerned in the footprint a figure that no one else appears to have seen. He described this figure metaphorically in terms of 'peninsular places at the end' and later, as a 'middle .. with pods at the sides'.

What Benny saw was not an array of points, line segments and angles, each specified with respect to its position, dimension and shape. Rather, he saw a coherent figure or **gestalt**: a 'middle' with three 'pods'

## Conclusions

In our lengthy descriptions of the minuscule examples of designing ... we have suggested that designing is a reflective conversation with materials whose basic structure - seeing-moving-seeing - is an interaction of designing and discovering. ...

- (1) Any faithful description of designing must take account of the fact that designers work in a medium - in our examples, they draw on paper -and literally see the evolving products of their work. Models of designing that treat only of conceptual matters - emphasizing, for example, the implementation of ideas, the interplay of variables, the management of constraints, or the alternation between proposals and evaluations - are bound to miss crucially important features of the design process, whatever else they may capture.
- (2) The basic local unit of a design process, which we call a move experiment, involves several kinds of seeing, all dependent on visual apprehension, or literal seeing: the construction of figures or gestalts, which determine the things and relations in terms of which the designer thinks; appreciation of the qualities in terms of which intentions are formed, problems are set, and solutions are judged; the recognition of intended and unintended consequences of moves.
- (3) As a designer draws, and sees what she has drawn, she makes discoveries. She discovers features and relations that cumulatively generate a fuller understanding, or 'feel for', the configuration with which she is working. Her ability to recognize qualities she has not anticipated, or may not even be able to describe, gives her increased access to her appreciative system. Her repeated move experiments can yield an understanding of relationships, in the context of a given configuration, among moves, consequences, and qualities in multiple domains - in short, an understanding of the problem of the design situation. Such cumulative discoveries are outputs of designing that inform, guide and stimulate further designing.
- (4) In this sense, designing serves as preparation for further designing -both within and across the boundaries of a local design episode. We speculate that designers are able to store the discoveries that result from past projects, carrying them over to new design situations that trigger them, on the basis of features perceived as similar. So designers may acquire the ability to operate simultaneously in multiple domains, spin out complex design scenarios, and think about larger and more complex move experiments.

...The account of designing sketched above suggests a reinforcement of the architectural design studio's traditional emphasis on drawing (or other forms of action in visual media) as a means of coming to see things in new ways. And this observation suggests an implication for the development of computer assistance, or environments for designing. ... Research should focus on computer environments that enhance the designer's capacity to capture, store, manipulate, manage and reflect on what he sees.





## 4.4 Reflective Conversation with Materials

### An interview with Donald Schön by John Bennett<sup>43</sup>

*There is no direct path between the designer's intention and the outcome. As you work a problem, you are continually in the process of developing a path into it, forming new appreciations and understandings as you make new moves.*

Donald Schön has been studying professionals-especially professional designers-for many years. Although his academic home was in a department of urban design, his subjects of interest have ranged from psychiatrists and social workers to architects and jazz musicians. After observing and interviewing practitioners in many domains, Schön was able to characterize the common elements in their practices and their ways of teaching new practitioners. In *The Reflective Practitioner* (1983) Schön drew on examples from these studies to outline the basics of what it means to have and to apply expertise. In a further book, *Educating the Reflective Practitioner* (1988), he delved more deeply into the process of teaching design.

Schön discusses the activity of design in this interview by John Bennett, who has worked extensively with user-interface designers during his 30 years with IBM. Bennett's experience in software design serves as a background for bringing out Schön's broader analysis of design and expertise. Schön describes the different stages through which a designer travels, and notes the interplay of reflection in action-the shift that happens when a surprise interrupts the flow of skilled, practiced performance, and the designer shifts to a more conscious mode of analysis. Although software is not Schön's main focus, his observations will be familiar and relevant to practitioners of software design .... (Terry Winograd)

---

John L. Bennett: People working in software design may find it instructive to learn what you have observed in other design communities. One of the key issues that you have written about is the kind of reflection that a designer does while designing. Indeed, the phrase reflection in action is identified with your work. Could you say more about it?

Donald A. Schön: We can distinguish reflection in action from everyday action. As we go about everyday life, we all exhibit knowledge in a special way. Although we often cannot say what it is we know, we do know how to take action. We carry out many actions, recognitions, and judgments without thinking about them. In fact, in many cases, we do not even remember how we learned them. Activities as fundamental as walking fall in this category. We could say that our knowing is in our action.

Reflection in action has a different character: It is closely tied to the experience of surprise. Sometimes, we think about what we are doing in the midst of performing an act. When performance leads to surprise-pleasant or unpleasant-the designer may respond by reflection in action: by thinking about what she is doing while doing it, in such a way as to influence further doing. For example, when talented jazz musicians improvise together, they listen to one another and to themselves. Within the structure of the piece and a familiar harmonic scheme, they think-or perhaps feel-what they are doing. While in the process, they evolve their way of doing it. The players keep on playing while, on occasion, noting and responding to the surprises produced by other players.

In architectural design, the "performer" frequently conducts an experiment in the form of a series of drawings, such as those in Figure 9.1. He sketches, for example, how the forms of a building might be butted into the contours of a site. In this process, he may discover-to his surprise-that the contours work

---

<sup>43</sup> In: Winograd, Terry (ed.) (1996): *Bringing design to software.*-New York, NY: ACM Press [u.a.], Chapter 9

against the building's form. In response to this discovery, he may conclude that "the site is screwy," so it requires "imposing a geometry onto the contours." He may then invent such a geometry and overlay it onto his drawing of the contours. He works by drawing, sometimes combined with talking. If he is practiced, he may work smoothly, without stopping. In such an instance, the designer is reflecting in action, both on the phenomena he is representing through his drawing and on his previous way of thinking about the design problem.

This series of sketches [see Figure 7-2 Reflection in Action, oben] was developed by an architecture student as she tried to fit a building into the contours of a site. The process was an interactive cycle of sketching and then using the sketch to reveal implications for the design. (Source: Adapted by permission from Donald A. Schön. *Educating the Reflective Practitioner*. San Francisco: Jossey-Bass, 1988, p. 51.)

In some design situations, on the other hand, the designer responds to surprise by executing what the philosopher Hannah Arendt has called a stop and think. Here, the designer exhibits a reflection on action, pausing to think back over what she has done in a project, exploring the understanding that she has brought to the handling of the task. She may, for example, construct a new theory of the case, reframing the problematic design situation in such a way as to redefine, interactively, both means and ends.

In a third kind of reflection, reflection on practice, the designer may surface and may criticize tacit understandings that have grown up around repetitive experiences of designing. For example, he may become aware of having fallen into an unfortunate pattern of design behavior, such as "falling in love with an initial design idea," or "trying to build the diagram."

JLB: Reflection seems to be a critical aspect of design. Are there other aspects that help to define design as a process or an activity?

DAS: If you push the question of "What is design?" one of the key issues that you hit on is a particular sense of complexity. The totality of an artifact, system, or situation includes many elements: materials, a sense of purposes and constraints as the designer sees them, and the designer's sense of the people who will eventually use the artifact resulting from the design process.

A designer makes things. Often, the thing initially is a representation, a plan, a program, or an image to be constructed by other people. Many of the relevant variables cannot be represented in a model; this limitation makes the design process inherently complex. A system is complex in the specific sense that, whenever I make a move, I get results that are not just the ones that I intend. That is, I cannot make a move that has only the consequences that I intend. Any move has side effects.

This unpredictability is a central attribute of design—it is not necessarily the defining one, but it is important. It means that there is no direct path between the designer's intention and the outcome.

As you work a problem, you are continually in the process of developing a path into it, forming new appreciations and understandings as you make new moves. The designer evaluates a move by asking a variety of questions, such as "Are the consequences desirable?" "Does the current state of the design conform to implications set up by earlier moves?" "What new problems or potentials have been created?"

Typically, inventions made within a design process to solve present problems produce unanticipated consequences, some of which are perceived as further problems. For example, in the 1950s, product developers at the Gillette Corporation wanted to make their razor blades sharper—perhaps to compete with the newly developed stainless steel blades. They applied a technique of double-honing, which did yield sharper blades. But it had the undesirable side effect of increasing the surface area of the blades, and thereby making them more susceptible to corrosion. The Gillette researchers then found a way of coating the double-honed blades with silicone, which increased corrosion resistance.

Seeing the new problems (and benefits) to which problem-solving moves may lead, the designer may form a deeper understanding of the complex problem space in which he is operating. His new understanding of the complexity of the situation may serve as springboard to a new round of problem-solving inventions.

JLB: In your books, you have also used the phrase a conversation with the materials. Where does that enter into the picture?

DAS: It is rare that the designer has the design all in her head in advance, and then merely translates it. Most of the time, she is in a kind of progressive relationship-as she goes along, she is making judgments. Sometimes, the designer's judgments have the intimacy of a conversational relationship, where she is getting some response back from the medium, she is seeing what is happening-what it is that she has created-and she is making judgments about it at that level.

One form of judgment in which I'm particularly interested is the kind that I call backtalk, where you discover something totally unexpected-"Wow, what was that?" or "I don't understand this," or "This is different from what I thought it would be-but how interesting!" Backtalk can happen when the designer is interacting with the design medium. In this kind of conversation, we see judgments like, "This is clunky; that is not," or "That does not look right to me," or just "This doesn't work." The designer's response may be "This is really puzzling," or "This outcome isn't what I expected-maybe there is something interesting going on here."

JLB: Does a designer ever get this kind of effect from observing how a product of design is used in the field?

DAS: Yes. I once did a study at 3M [Minnesota Mining and Manufacturing], observing how they went about developing new products. Do you know the Scotch Tape story? Scotch Tape was a World War II product, invented by Brandon Cook in the 3M laboratories. He had the idea that you could use transparent cellulose-acetate ribbon, with pressure-sensitive adhesive on it, to mend books. And since you could mend books with it, you wouldn't have to throw the books away, and you could save money; hence, the name Scotch.

When 3M put the product out into the marketplace, it discovered that mending books was not the only use that people had in mind. People did bizarre things with Scotch Tape: they wrapped packages, hung posters on the wall, used it to put their hair up in rollers. And then-I guess this would have been in the late forties-3M began to observe what these consumers were doing, and their staff started rethinking the product in light of what they were getting back.

JLB: So, it was a feedback cycle?

DAS: I would say it was a backtalk cycle, because they were not just being told, "You're steering slightly to the left when you should be moving to the right." They were being told, "This product is not what you think it is." Consumers were projecting onto the product meanings different from the intentions of the product designers. As a result, 3M came out with a hair-setting Scotch Tape, a medical Scotch Tape used for binding splints, a reflective Scotch Tape for roads, and so on. I forget how many new uses there were, but they built on the order of 20 or 30 businesses through the differentiation and specialization of the basic product idea. They learned what the meaning of the product was by listening to what people said and by observing what people did.

So, if you were asked the question, "How was the invention made?" you would have to answer, "Through a conversation with the users." In this phrase, the term conversation does not denote a literal verbal dialog. Rather, it refers to an interactive communication between designer and users in which the messages sent, received, and interpreted may take the form of words, actions, or objects. In the 3M example, Scotch Tape-both the product and its name-conveyed a message to users about the product's intended function. Consumers received that message and transformed it. The designers, in turn, picked up the new messages that users were sending to them through consumer behavior, reframed the meanings of the product that they had designed, and incorporated those meanings in new variations of the product.

JLB: A different aspect of design-one that is commonly observed in software design-has to do with usability. If software is truly well designed, the details of its operation disappear. We sometimes say that well-designed software is obvious or intuitive. People become aware of bad design in its not working.

DAS: Yes, a good designer strives to make the details work so well that they become invisible to the user.

Michael Polanyi was a physical chemist who became a philosopher. His book *The Tacit Dimension* (1966) contains an interesting passage on "What is a machine?" His argument is that a machine is an abstract system whose elements are functions, such as the function of the calculator, the function of the spark plug in the automobile engine, the function of the lever, or the function of the spring. The question of the materials used in the composition of the machine is not pertinent, unless a component fails. Then the issue of what the machine is made of becomes important; until that point, unless the machine fails, its composition is not important at all.

Broadly speaking, we might say that an object's failure or difficulty in use makes visible its insides (how it is made, of what it is made). In a good, smoothly working artifact, materials and mechanisms of operation become, in a sense, invisible-or, as Polanyi would say, tacit.

We can illustrate Polanyi's idea of tacitness by considering use of a pen. I'm writing on this pad now with a pen. As I guide the pen along the paper, I am not paying attention to the pressure of my fingertips on the pen. If you numbed my hand, I would have a difficult time writing, although I'm not aware of the pressure at all in the normal course of writing. When I first was learning to write with a pen, I probably was aware of such details.

I'm paying attention to the content of what I am writing, rather than to the process of writing. I manipulate the mark on the paper from a sensory base of which I am systematically unaware. In fact, I have to become unaware of it to become expert in using the pen. The sensory basis on which I use the pen becomes invisible if I know how to use the pen well.

JLB: Then, anything that goes wrong becomes a source of breakdown-running out of ink or having to press especially hard because of the surface.

DAS: When my pen begins to run out of ink and I have to press it, then I become aware of the interaction between me and the pen.

JLB: I suppose that this kind of invisibility occurs in other areas of design. I'm thinking of the design of buildings in a city in particular, where we want to be guided by unobtrusive, culturally accepted clues indicating what the building is, where the entrance is. We rely on various cues, indicators, conventional signs-not in the sense of a sign that says "door," but rather of some architectural feature to which a person can relate appropriately-what Brown and Duguid (Chapter 7) call the border.

DAS: That's right. In that sense, the city, or the building boundary, or the building is more like interactive software-the software that's made for interaction with human beings on a contingent basis, for a particular purpose. In good design, access to the functionality is more like the visibility of a door, and I suppose is less like the hidden aspects of a pen-at least until the pen fails.

...

JLB: You have also written about the development of taste as one attribute of a good designer.

DAS: I use the term taste when I'm talking about the discriminatory appreciation of objects, with respect to, among other things, how well they are designed. A good designer has to have taste. It's clear that having taste isn't sufficient for being a good designer. But you do need to have it, in the sense that you're able to make judgments of quality in many different ways. This discrimination needs to be roughly congruent with the more discriminating of the users for whom you are designing.

JLB: So there needs to be a connection between the taste of the designer and the taste of the people who will be users.

DAS: Unless there is, it is highly unlikely that the designer will produce an object that appeals to those users. In my relationships with doctoral students, I'm trying to help them become designers-designers of research or designers of artifacts. One thing that I watch for is whether they have their own gyroscope-in other words, whether they can tell when they've got something that's good. I look to see whether their sense of what's good meets, at some minimal level, my own sense of what's good. I look to see if there's a big gap that I interpret as a gap in quality, showing that they haven't gotten there yet.

JLB: To say, "They haven't gotten there yet" implies that they could get there, rather than, "Either you have it or you don't."

DAS: Right! It is not at all, "Either you have it or you don't." In fact, it is exciting to see that gyroscope develop over the years-and it does take years.

The reason that the gyroscope is so powerful is that, if students have it, then they can look at their own work-maybe not immediately, but, perhaps a week later-and then can say, "Oh damn, this is terrible!" If they don't have the gyroscope, they can't say that. They keep thinking that their work is good, and when you say it isn't good, they feel terribly let down and also mystified because all they can say is, "What's wrong with it? It looks good to me."

JLB: So taste can't be characterized in terms of specific attributes that you can describe?

DAS: No, it can't. As part of our exploration of taste, every year we have students bring in an object that they consider to be well designed, and then we listen to how they talk about it. We often are surprised by the way that students describe the objects. It is clear that they love these things. One year in particular this point came out in a powerful way with a group of people-one guy brought in his bicycle, another guy brought in his sugar bowl, and another brought in a pen. The way that they talked about these things was profound and moving. Sometimes, we go back and analyze what they say, and we try to discover the attributes that are important to them. We notice that there seems to be a lot of ambiguity, not only with respect to what the relevant properties are, but also with respect to what the relevant dimensions are.

The student who brought in the sugar bowl tried to describe why he liked it-what it was about it that he really liked. He was trying to figure it out, because it wasn't obvious to him-he just knew that he really liked that sugar bowl. He talked about the size of it, that he could fit it in his hand. He held it with his two hands on the sides. He liked the sculptural form of it; the ridges on it were helpful. He liked a particular aspect, the place where you could put the spoon in and a depression that allowed you to get a tight fit and closure with the lid. It was a personal statement.

JLB: So he had a personal connection with the attributes of the object?

DAS: Or a personal connection with this particular object was justified by reference to its attributes. The object had an overall appeal for that student. And then, prompted by the situation where he was called on to describe why, he pointed to attributes. But the attributes themselves were not necessarily central-there was something about the design of the object as a whole. The overall impression was distinct from the attributes of the components. As I thought about the students' descriptions, it was clear that the presence of multiple dimensions, multiple attributes of each dimension, and unresolved ambiguity about them, held true across the board for all the objects that the students selected-and about all the objects that we design for people.

When the students are describing an object that they consider to be well designed, I argue that a personal response to the object has a relationship to taste. Taste is the familiar term. I suppose love is another term-people love certain objects.

Designers need to be able to bridge this gap between the personal and the technical-to be able to work with the medium and to reflect on the surprises, and in the end to produce a design that works both for the designer and for the audience. Not every designer can produce a design that evokes love, but that's not a bad description of what good design is trying to achieve.

#### About the Authors

Donald Schön is Professor Emeritus of Urban Design at MIT. He is best known for his studies of professional practice. He has also written books on other aspects of social organization and technology, including *Technology and Change* (1967) *Beyond the Stable State* (1971), *Frame Reflection* (1994), and, with Chris Argyris, *Organizational Learning* (1978).

John Bennett recently retired from IBM after a long and productive career in interaction design. He has been active in the ACM Special Interest Group on Computer-Human Interaction (SIGCHI), where he has served as conference technical program cochair and on the Advisory Board.

## Literatur

- Ammon, S. and E. M. Froschauer, (Hrsg.) (2011). *Wissenschaft Entwerfen. Vom forschenden Entwerfen zur Entwurfsforschung der Architektur*. München, Wilhelm Fink.
- Brooks Jr, F. P. (2010). *The design of design: Essays from a computer scientist*, Pearson Education.
- Bucciarelli L. (1994): *Designing Engineers*. Cambr.Mass. MIT press p.111
- Cross Nigel (2006): *Designerly Ways of Knowing*. Springer, London.
- Cross, Nigel (2011): *Design thinking*. Berg, Oxford, et. al.
- Dourish, P. (2001): *Where the Action Is: the Foundations of Embodied Interaction*. MIT Press, Cambridge MA.
- Ehrlenspiel Klaus: *Integrierte Produktentwicklung*. München, 2002.
- Ferguson, E. S. (1992). *Engineering and the Mind's Eye*. Cambridge Mass, et al.: MIT Press.
- Gedenryd Henrik (1998): *How designers work*. Lund. (<http://lucs.fil.lu.se/people/henrik.gedenryd>)
- Heath, C., P. Luff, et al. (2002). 'Crafting Participation: Designing Ecologies, Configuring Experience', *Visual Communication*, vol. 1, no. 1, 2002, pp. 9-33.
- Krippendorff, K.. (2006): *the semantic turn. a new foundation for design*. Taylor&Francis, New York et.al.
- Lindemann, U. (2005): *Methodische Entwicklung technischer Produkte*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg NY.
- Mareis Claudia & Christof Windgätter (Hrsg.) (2013) *Long lost friends : Wechselbeziehungen zwischen Design-, Medien- und Wissenschaftsforschung*. Zürich: Diaphanes.
- Orr, J. E. (1996): *Talking about Machines: An ethnography of a modern job*. Ithaca, New York: Cornell Univ Press.
- Plattner, H., C. Meinel, et al. (2012). *Design Thinking Research: Studying Co-creation in Practice*, Springer.
- Polanyi, Michael: *Implizites Wissen*. Frankfurt, 1985. (orig.: *The Tacit Dimension*, New York, 1966.)
- Schmidt K. and Wagner I. (2002): 'Coordinative Artifacts in Architectural Practice', in M. Blay-Fornarino, A.M. Pinna-Dery, K. Schmidt, P. Zaraté (eds) : *Cooperative Systems Design. A Challenge of the Mobility Age*, IOS Press, Amsterdam, 2002, pp. 257-274.
- Schön Donald A and Glenn Wiggins (1992): *Kinds of seeing and their function in designing*. *Design Studies* Vol 13 No 2. pp. 135-156.
- Schön, D. A. (ed.) (1991) *The Reflective Turn. Case Studies In and On Educational Practice*. Columbia Univ., et al. Teachers College Press.
- Schön Donald A (1983): *The Reflective Practitioner. How Professionals Think in Action*. Basic Books.
- Simon, Herbert A.: *Die Wissenschaft vom Künstlichen*, Berlin, 1995. Original: *The Sciences of the Artificial*, MIT Press, (1969), 1981.
- Wagner, I. et. al. (eds.) (2010): *Exploring Digital Design. Multi-Disciplinary Design Practices*. Springer-Verlag London. (<http://www.springerlink.com/content/gk1270/#section=752909&page=1>)
- Wieringa R.J. (2014): *Design Science Methodology for Information. Systems and Software Engineering*. Springer. <http://www.springer.com/gp/book/9783662438381>
- Winograd, Terry (ed.) (1996): *Bringing design to software*.-New York, NY: ACM Press [et.al.].
- Woolgar, S. (1994) *Rethinking Requirements analysis: Some implications of Recent Research into Producer-Consumer Relationships in IT Development*. In M. Jirotko et al. (eds.) *Requirements Engineering. Social and Technical Issues* (pp. 201-216). London: Academic Press Harcourt Brace & Co. Publishers.

## Journals

Design Studies (TU-UB Bestand: 1985 – 2007)

Design Issues (TU-UB EZB access)

CoDesign

Design Research Quarterly

Journal of Design Research (JDR)

Design Science

Digital Creativity

Computer Supported Cooperative Work (CSCW)

Human-Computer Interaction

Interacting with Computers

Empirical Software Engineering

Information Design Journal

Requirements Engineering

Personal and Ubiquitous Computing

Research in Engineering Design

Journal of Engineering Design

Journal of Product Innovation Management

Design Management Journal

Creativity and Innovation Management

Artifact

Design Philosophy Papers

Journal of Design History

Journal of Material Culture

Design and Culture

Visual Communication

International Journal of Technology and Design Education

Science, Technology, & Human Values

Science, Technology & Innovation Studies

## Links

<http://www.designresearchsociety.org/joomla/index.php>

[www.designsociety.org](http://www.designsociety.org)

[www.designresearchnetwork.org/drn/](http://www.designresearchnetwork.org/drn/)