

Methodik zur nachhaltigen, rechnergestützten Ressourcenverwaltung im Bauwesen

Habilitationsschrift

Verfasser:

Dr.-Ing. Karsten Menzel

Institut für Baumechanik und Bauinformatik

Lehrstuhl für Computeranwendung im Bauwesen

Technische Universität Dresden

Dresden, im Juni 2002

Inhalt

1	PROLOG	1-9
1.1	Mittel und Methoden des Ressourcenmanagement in der Bauinformatik	1-11
1.2	Organisationelles Ressourcenmanagement	1-12
1.3	Materielles Ressourcenmanagement - Sustainability	1-13
1.4	Intelligente Gebäude – Kooperative Räume - Roomware.....	1-14
1.5	Immaterielles Ressourcenmanagement - Wissen und Lernen.....	1-15
1.6	Ausblick, Forschungs- und Entwicklungspotential.....	1-17
2	GRUNDLAGEN DES RESSOURCENMANAGEMENT IM BAUWESEN	2-18
2.1	Modellierungsmethoden	2-19
2.1.1	Modelle	2-19
2.1.2	Natürlichsprachliche und diagrammsprachliche Modellierungsmethoden	2-19
2.2	Modellierung mit Mustersprachen	2-22
2.2.1	Muster	2-22
2.2.2	Mustersprachen	2-27
2.2.3	Sprachen.....	2-28
2.2.4	Pragmatik und Sprechakttheorie	2-30
2.3	Konversation, Koordination, Kooperation	2-31
2.3.1	Konversationsmodelle	2-31
2.3.2	Koordinationsmodelle	2-33
2.3.3	Kooperationsmodelle und virtuelle Meetings.....	2-35
2.4	Kommunikationstechnologien.....	2-39
2.4.1	Kommunikationsdienste.....	2-39
2.4.2	Anwendungsdienste.....	2-42
2.4.3	Kooperative Dienste - synchrone Kommunikation und Kooperation	2-44
2.5	Ausgewählte Methoden der Prozessmodellierung	2-46
2.5.1	IDEF Methoden.....	2-46
2.5.2	ARIS (Architektur Integrierter Informationssysteme)	2-48
2.6	Mehrdimensionales Informationsmanagement	2-51
2.6.1	Nutzungspotentiale im Bauwesen.....	2-51
2.6.2	Data Warehouse – AUFBAU	2-52
2.6.3	Prozesse im Data Warehouse.....	2-52
2.6.4	Data Warehouse - ENTWURF	2-54
2.6.5	Data Warehouse – META DATEN.....	2-57
2.6.6	Data Marts.....	2-59

3	PLANUNGSPROZESSE UND WISSENSMANAGEMENT IM BAUWESEN	3-61
3.1	Veränderte Märkte und „New Work“	3-62
3.1.1	Nachhaltige Informationsbewirtschaftung	3-63
3.2	Besonderheiten der Kommunikation im Bauprozess.....	3-64
3.2.1	Das Produkt Bauwerk	3-64
3.2.2	Die Organisation im Bauwesen	3-65
3.2.3	Der Produktionsprozess von Bauwerken.....	3-65
3.3	Workflow Management – inhaltliche Grundlagen.....	3-66
3.3.1	Grundlagen.....	3-67
3.3.2	Anforderungen aus Sicht der Informatik.....	3-68
3.3.3	Typen von Workflow Management Systemen.....	3-68
3.3.4	Strategien zur Beschreibung von Workflows	3-69
3.3.5	Aspekte und Komponenten der Modellierung	3-70
3.3.6	Mögliche Implementierung von Ablaufsemantiken.....	3-72
3.4	CSCW - Rechnergestützte Gruppenarbeit	3-73
3.4.1	Dezentralisierung	3-73
3.4.2	Computer Supported Cooperative Work (CSCW) - Grundlagen.....	3-74
3.4.3	Computer Supported Cooperative Work (CSCW) - Einordnung.....	3-75
3.4.4	Computer Supported Cooperative Work (CSCW) – Klassifizierung	3-77
3.4.5	Workflow Management und Computer Supported Cooperative Work	3-77
3.4.6	Anforderungen an eine Integration WFM und CSCW.....	3-79
3.5	Beispiel für ein Modell der Kooperationsmodellierung	3-80
3.5.1	Modellebenen.....	3-80
3.5.2	Elemente und Relationen.....	3-81
3.5.3	Synchronisation der Basiskooperationen.....	3-82
3.6	Informationsräume	3-83
3.6.1	Informationsräume und Problemlösungsstrategien.....	3-83
3.7	Aspekte des Wissensmanagements im Bauwesen	3-85
3.7.1	Wissensorganisation - Übersicht.....	3-85
3.7.2	IuK-Infrastruktur zur Wissensorganisation.....	3-87
3.7.3	Atechnische Wissensorganisation.....	3-89
3.7.4	Wissensorganisation und Kommunikation.....	3-89
3.7.5	Problemlösungsbezogene Instrumente der Wissensorganisation.....	3-90
3.7.6	Atechnische Wissensorganisation und Architektur	3-95
3.8	Veränderte Paradigmen - Erläutert am Beispiel von „Bauen nach Smart“	3-96
3.8.1	Einführung in „Bauen nach Smart“	3-96
3.8.2	Schritt 1: Zielvereinbarung.....	3-97
3.8.3	Schritt 2: Projektinhalte und Kosten.....	3-99
3.8.4	Schritt 3: Werkplanung	3-100
3.8.5	Schritt 4: Werkausschreibung	3-102
3.8.6	Werkgruppen	3-103
	Definition konzeptioneller Schwerpunkte und systembedingter Schwerpunkte.....	3-104
3.9	Zusammenfassung.....	3-105

4	WECHSELWIRKUNGEN ZWISCHEN BAUWERK UND UMWELT	4-107
4.1	Sustainability - Nachhaltigkeit.....	4-108
4.1.1	Nachhaltigkeit und Bauwesen.....	4-109
4.2	Bauwerk und Ökologie.....	4-111
4.2.1	Ökologie der Baustoffe - Verbrauch.....	4-113
4.2.2	Ökologie der Baustoffe - Recycling.....	4-114
4.2.3	Ökologie der Baustoffe - Emissionen.....	4-115
4.2.4	Bauabfälle.....	4-115
4.3	Produktbewertung im Bauwesen	4-118
4.3.1	Ökobilanzierung.....	4-119
4.3.2	Eco-Indicator Methode	4-124
4.3.3	MIPS-Konzept: Material-Input-Per-Service Unit.....	4-126
4.3.4	Economic Input-Output Analysis.....	4-128
4.4	Informationsmodelle für Bewertungsmethoden.....	4-130
4.4.1	Muster zur Ökobilanzierung.....	4-130
4.4.2	Modellierung der Abläufe (Ö_110)	4-132
4.4.3	Modellierung der Daten (Ö_110, Ö_111, Ö_112, Ö_120)	4-134
4.4.4	Ergebnisdarstellung und -verwaltung (Ö_120 bis Ö_122).....	4-137
4.4.5	Integration der Ökobilanzierung (Ö_102).....	4-139
4.5	Zusammenfassung	4-140
5	INFORMATIONSGESELLSCHAFT UND BAUEN	5-141
5.1	Szenarien der Zukunft: Neue Arbeitswelten - Weltweite Vernetzung.....	5-142
5.1.1	Auflösung der Architektur?	5-142
5.1.2	Informationstechnik, Gesellschaft und bauliche Gestaltung.....	5-143
5.2	Physikalische Kooperationsräume	5-144
5.3	System-Ebene: Das „Robert L. Preger Intelligent Workplace“® Building	5-145
5.4	Funktions-Ebene: Das Scene-Lab an der TU Braunschweig.....	5-146
5.5	Formalisierte Analyse und Beschreibung (K_120)	5-147
5.5.1	Abstraktion: Definition von Nutzungs-Szenarien (K_100).....	5-149
5.5.2	Abstraktion: Fachbereiche / Baulose (K_101)	5-150
5.5.3	Abstraktion: Management (K_103).....	5-150
5.5.4	Abstraktion: Schnittstellen (K_102).....	5-151
5.5.5	Dekomposition: Raumfunktionen (K_110).....	5-151
5.5.6	Dekomposition : Gewerke: Elektro- und Beleuchtungstechnik (Muster K_1112)	5-152
5.5.7	Formalisierung: Grafik/Formel: Prinzipdarstellung Bauphysik (K_1221)	5-155
5.5.8	Formalisierung: Technische Regeln : Möblierung (K_1231).....	5-156
5.5.9	Synthese: Prozesse: CSCW- und Präsentationstechnik (K_1333 und K_1334)	5-158
5.5.10	Abstraktion: Schnittstellen: Mediensteuerung (K_1024)	5-160
5.5.11	Synthese : Layout: Möblierungsschemata (K_1316).....	5-161
5.5.12	Zusammenfassung	5-162
5.6	Detail-Ebene: Neue Möbel - Roomware	5-163
5.7	Zusammenfassung	5-165

6	SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE AUSBILDUNG IM BAUWESEN	6-167
6.1	Rahmenbedingungen für die universitäre Ausbildung.....	6-168
6.1.1	Interdisziplinarität, Praxisbezug und projektbasiertes Arbeiten.....	6-169
6.1.2	Internationalisierung und Harmonisierung.....	6-170
6.1.3	Direktstudium und lebenslanges Lernen – Kombinationen sind nötig.....	6-171
6.2	Methodisch-Didaktische Konzepte des Computer Based Teaching	6-174
6.2.2	Konzepte des Lehrens.....	6-175
6.2.3	Prinzipien des Lehrens und Lernens	6-178
6.2.4	Lehrformen – die Art und Weise des Lehrens	6-180
6.2.5	Methoden zur Gestaltung der Lehre.....	6-187
6.3	Eine Systemarchitektur zum Wissensmanagement	6-191
6.3.1	Systemkomponenten.....	6-191
6.3.2	Strukturierung der Inhalte - Wissensmanagement.....	6-192
6.4	Methoden zur rechnergestützten Lehr- und Wissensorganisation	6-193
6.4.1	Sprechakte zur Lehr- und Wissensorganisation.....	6-193
6.4.2	Muster zur Lehr- und Wissensorganisation	6-195
6.4.3	Modularität: Ein Software-Engineering Prinzip zum personalisierten Arbeiten	6-199
6.4.4	Data Warehouses: Multi-Dimensional Access Record.....	6-201
6.4.5	Workflow Management: Ablaufsteuerung in der Lehre	6-204
6.4.6	CSCW: Kommunikation und Kooperationsformen.....	6-205
7	EPILOG	7-207
7.1	Notwendigkeit der Methodik	7-207
7.2	Zusammenfassung der Methodik	7-208
7.3	Prozesse.....	7-210
7.4	Darstellung und Auswertung	7-210
7.5	Fazit.....	7-210
7.6	Ausblick.....	7-211

ANHANG A1: ERLÄUTERUNGEN UND QUELLEN ZU KAPITEL 1	I
ANHANG A2: ERLÄUTERUNGEN UND QUELLEN ZU KAPITEL 2	III
Zum Aufbau von Sprachen	III
Exkurs: Verbindungen und verbindungslose Übertragung	VII
Verbindungslose Datenübertragung.....	VII
Dienstgüte.....	VIII
Die IDEF-METHODE: Übersicht und Einordnung.....	IX
Vorgehensweise bei der Modellierung mit IDEF 0.....	XII
Vorgehensweise bei der Modellierung mit ARIS	XIII
Quellen zu Kapitel 2.....	XVIII
ANHANG A3: ERLÄUTERUNGEN UND QUELLEN ZU KAPITEL 3.....	XXI
Modelle von Hypertextsystemen.....	XXI
Quellen zu Kapitel 3.....	XXIII
ANHANG A4: ERLÄUTERUNGEN UND QUELLEN ZU KAPITEL 4	XXV
Notwendigkeit für ökologisches Bauen.....	XXVI
Ausgewählte Zieldimensionen für den Bereich ‘Bauen und Wohnen’	XXVIII
Bautechnik und Gesellschaft.....	XXIX
Möglichkeiten zur Wiederverwendung von Baumaterialien.....	XXXIII
Bauwerke - der Gebäudebestand in Deutschland.....	XXXIV
Charakterisierung der Lebenszyklusphasen im Bauwesen	XXXV
Umfassender Katalog zur Öko-Bilanzbewertung	XXXVI
Quellen zu Kapitel 4.....	XXXVII
ANHANG A5: ERLÄUTERUNGEN UND QUELLEN ZU KAPITEL 5.....	XLIII
Sprechakte und Muster zur funktionalen Beschreibung.....	XLIII
Informationstechnik und Entwicklungstempo der Volkswirtschaften	XLV
Quellen zu Kapitel 5.....	XLVI
ANHANG A6: ERLÄUTERUNGEN UND QUELLEN ZU KAPITEL 6.....	XLVII
Quellen zu Kapitel 6.....	XLVIII
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	I

1 Prolog

Die Kästen die da stehen – in New York und London ebenso wie in Paris, Moskau, Berlin oder Dresden -, diese Kästen sind starre Gebilde, unveränderbar ... ohne die Möglichkeit, den Bau neuen Bedürfnissen und neuen Erfordernissen anzupassen.

Unentwegt reden wir über die sich ständig verändernde Welt. Nur dort, wo diese Veränderungen im Interesse der Menschen schnell und ohne Komplikationen vollziehbar sein müssten, hat man die Veränderungsfähigkeit ausgeklammert. Wieviel Energie werden nachfolgende Generationen wohl brauchen, um die Betonlandschaften zu beseitigen, die wir ihnen hinterlassen?

Konrad Wachsmann, Luisenhof Dresden, 1979

Die Einführung in die Habilitationsschrift benutzt zur Darstellung der Thesen und Lösungsansätze Zitate Konrad Wachsmanns; Zitate, die von seinem letzten Aufenthalt in Dresden 1979 dokumentiert sind. Wachsmanns Vita war eng mit der Region verbunden; so war er Tessenow-Schüler an der Dresdner Kunstakademie und Chefarchitekt bei Christoph & Unmack in Niesky; einer der größten Fertighaushersteller Deutschlands im frühen 20. Jh. Hier erlernte und perfektionierte er seinen integrierten Arbeitsstil: Entwurf, Fertigung und Ausführung industriell gefertigter Bauwerke betrachtete er stets in ihrer gesamten Komplexität. Nach seiner Emigration in die USA 1941 arbeitete er dort bis 1948 mit Walter Gropius zusammen und gründete mit ihm die erste automatisierte Fabrik für vorgefertigte Bauelemente.

Sein Buch „Der Wendepunkt im Bauen“ zählt heute zu den Klassikern im Bereich modulares, industrialisiertes Bauen. In ihm beschreibt Wachsmann klar und präzise das moderne Bauen als Geschichte seiner Technologie. Seine Erstveröffentlichung 1959 fällt in eine Zeit großer Fortschrittsgläubigkeit und Technikbegeisterung. Inzwischen sind mehr als vierzig Jahre vergangen. Holzschutzmittelskandale oder die Reaktorunfälle in Harrisburg und Tschernobyl haben sich ereignet. Ostdeutsche Plattenbauten, ein regionales Synonym für industrialisiertes Bauen, werden abgebrochen.

Warum sind die von Konrad Wachsmann so präzise formulierten Ziele und Vorteile des industrialisierten Bauens nicht erreicht wurden? Lohnt es sich heute noch (oder wieder) seine Gedanken aufzunehmen und einer kritischen Prüfung zu unterziehen. Können Analogien und weiterführende Lösungsansätze daraus abgeleitet werden?

Der Autor ist fest davon überzeugt, dass Konrad Wachsmanns Gedanken zum industrialisierten Bauen eine gute Grundlage bieten, die heutige Situation im Bauwesen, insbesondere den Einfluss der Bauinformatik, kritisch zu beleuchten, sowie eigene Ideen zum computerunterstützten Bauen auf dem Weg in die Informationsgesellschaft darzustellen und zu hinterfragen. Dies soll aus dem Blickwinkel des nachhaltigen Ressourcenmanagement heraus erfolgen, nämlich dem Management :

- (1) der materiellen Ressourcen (Baustoffe und Umwelt),
- (2) der organisationellen Ressourcen (Human Resources) und
- (3) der immateriellen Ressourcen (Informationen, Wissen, lebenslanges Lernen).

Nicht zuletzt regt die Beschäftigung mit Wachsmann zum Nachdenken über alternative universitäre Lehrformen an, waren doch seine teamorientierten Seminare in Ulm, Salzburg, Japan, Hongkong, Singapur und Israel Markenzeichen seiner „zweiten Karriere“.

Die Bauindustrie, falls sie diesen Namen zu führen überhaupt berechtigt ist, arbeitet mit Toleranzen und Technologien, die in keinem anderen industriellen Zweig zulässig, ja überhaupt möglich sind.

Und die Industrialisierung? Die gibt es doch fast gar nicht. Die Baustellen gleichen noch immer Kraterlandschaften. Zwanzig Prozent der Bausummen werden in Schlamm, Geröll und Abfall verwandelt, die der Bauherr oder die Steuerzahler oder die Gesellschaft zu bezahlen hat.

... In die Forschung dieser Industrie wird bestenfalls ein Zehntel des Betrages investiert, den die Automobilindustrie weltweit für die Werbung ausgibt.

Der Wachsmann Report, Berlin, 1988

Wachsmann gibt an dieser Stelle ein provozierendes und zum Teil überzogenes Statement ab. Die entsprechenden Gegenbeispiele, vorgestellt in „Der Wendepunkt des Bauens“, sind dabei meist freistehende Hallen oder zweigeschossige, nicht unterkellerte Wohngebäude. In Wachsmanns Kritiken des Bauens wird häufig der Vergleich mit der Automobilindustrie gesucht. Die Bauindustrie erstellt jedoch Unikate und verfügt auch nicht über die gut strukturierten Organisationsform der stationären Produktion. Dennoch ist Wachsmanns Zustandsbeschreibung der Situation im Bauwesen nicht falsch. Innerhalb dieser Arbeit soll jedoch zur Situationsanalyse weniger der Vergleich des Bauwesens mit der Automobilindustrie, sondern mehr mit dem jungen Fachgebiet des „Software Engineering“ herangezogen werden.

Die Produkte der Software-Industrie sind den Nutzeranforderungen anzupassen, sie sind also „Unikate“ beim Endnutzer. Daten und Informationen sollen langfristig erhalten bleiben. Die „Hülle“ zu deren Bearbeitung – die eigentliche Software - soll möglichst flexibel dem neuesten Entwicklungsstand anpassbar sein. Neben großen, dominierenden Unternehmen gibt es eine Vielzahl kleiner und mittlerer Unternehmen, welche die Anpassungsprogrammierung vornehmen. Durch immer bessere Standards zum Datenaustausch wurden die „Toleranzgrenzen“ wesentlich verringert.

Die erste grundlegende These der Arbeit ist es, dass durch den Einsatz der Informations- und Kommunikationstechnologien ein genaueres Arbeiten im Bauwesen – im Sinne von präziserer Abstimmung der Aktivitäten zwischen den Beteiligten auf der Grundlage exakt verfügbarer, flexibel auswertbarer Informationen zum Sachverhalt - ermöglicht wird. Ganzheitliches Ressourcenmanagement liefert somit einen Beitrag zur Qualitätssteigerung im Bauwesen.

Die zweite grundlegende These der Arbeit ist es, dass die Ausbildung der Fähigkeit zum ganzheitlichen Ressourcenmanagement bei zukünftigen Ingenieuren und Architekten alternative Lehrformen benötigt, in denen sowohl fachspezifische Fertigkeiten als auch sogenannte „soft-skills“ vermittelt werden. Eine Möglichkeit ist das projektbasierte Lehr-Lernmodell. Die Beziehung zwischen Lehrenden und Lernenden wird sich grundlegend in Richtung Teamarbeit verschieben. Der Lehrende wird zukünftig die Rolle eines Strategiemanagers im Lehr-Lernteam einnehmen. Er gibt Probleme vor und entwickelt deren Lösung zielgerichtet gemeinsam mit den Studierenden unter Einbeziehung modernster Informations- und Kommunikationstechnologien.

1.1 Mittel und Methoden des Ressourcenmanagement in der Bauinformatik

... denn die Werkzeuge und Materialien unserer Zeit sind nicht mehr Hammer und Nagel, Oft sind uns die Möglichkeiten ... [neuer Technologien] ... noch verborgen, und wir müssen sie erst entdecken.

Das verlangt die genaue Kenntnis dieser Instrumentarien. Dazu benötigen wir eine Vielzahl von Informationen, theoretischen Erkenntnissen und praktischen Erfahrungen.

Konrad Wachsmann an der TU Dresden 1979

Unter dem Schlagwort „Neue Technologien“ versteht man derzeit meist Methoden und Werkzeuge der Informations- und Kommunikationstechnologie (im folgenden kurz IuK). Deren Verfügbarkeit wird die Entwicklung des Bauwesens zweifellos ebenso stark beeinflussen wie die mit der Industriellen Revolution einhergegangenen Veränderungen. Das Wachsmann-Zitat sollte folgendermaßen fortgeschrieben werden: Weder Hammer und Nagel noch die Maschine sind die Werkzeuge und Materialien unserer Zeit, sondern Netzwerke, Computer und Kommunikationstechnik bestimmen den Takt der Bauwirtschaft.

Der erste eigenständige Beitrag des Autors zum ganzheitlichen Ressourcenmanagement liegt in der gezielten Zusammenstellung und Bewertung der zum flexiblen und gezielten Informations- und Kommunikationsmanagement benötigten Werkzeuge.

Durch die Verwendung von natürlichsprachlichen Elementen soll es dem Ingenieur und Architekten künftig einfacher möglich sein, Kommunikations- und Workflowmanagementsysteme zur Organisation seiner Aktivitäten zu benutzen. Vor diesem Hintergrund werden Mustersprachen und deren Einsatz in Architektur (Alexander) und Informatik (Gamma) analysiert. Daran schließt sich eine Definition der verschiedenen Formen der Zusammenarbeit an (Konversation, Koordination und Kooperation).

In interdisziplinären Entwurfsteams wird es künftig von wesentlicher Bedeutung sein, dass der Bauingenieur sich mit formalisierten Beschreibungsmitteln gegenüber Vertretern anderer Fachbereiche ausdrücken kann. Zwei Modelle und zugehörige Notationen zur Modellierung und Darstellung von Prozessen werden vorgestellt. Jedes von ihnen ermöglicht die Modellierung auf einer bestimmten Granularitätsstufe. Beide sind jedoch ineinander überführbar.

Die präzise Abstimmung von Arbeitsergebnissen in komplexen Projekten erfordert die einfache und verständliche Darstellung verschiedener Teilprobleme, ohne dabei den Zugriff auf die Darstellung des Gesamtproblems zu verlieren. Das in der Informatik entwickelte Paradigma des mehrdimensionalen Datenmanagements unterstützt diesen Ansatz. Anwendungen in der Wirtschaftsinformatik waren erfolgreich und führten zur Entwicklung der Data Warehouse Technologie. Die On-Line Analyse komplexer Datenbestände im Bauwesen, gegliedert in mehrere Sichten, wird sich mit dem Einsatz dieser Technologie wesentlich vereinfachen.

Vom Autor entwickelte und in Zusammenarbeit mit ihm prototypisch implementierte Anwendungsfälle werden im Rahmen dieser Arbeit analysiert, definiert und erläutert.

1.2 Organisationelles Ressourcenmanagement

... denn mein Ziel war die perfektionierte fabrikmäßige Herstellung von Häusern. ...Dabei fand ich natürlich heraus, dass man den modernen Bau nur noch als Produkt einer weitgefächerten Zusammenarbeit errichten kann.

Die Voraussetzungen dazu erreichen wir aber nicht mehr durch individuelle Arbeit, sondern nur durch die Teamaktivität, ... Am Anfang des Weges steht eine Erkenntnis, der wir uns grundsätzlich bewusst werden müssen: Die Zukunft der schöpferischen Tätigkeit wird nicht mehr vom Genie des einzelnen bestimmt.

Der Wachsmann-Report, Berlin, 1988

Neue Managementmodelle führen zu neuen Organisationsformen. „lean management“ und „simultaneous engineering“ führen zur Auflösung der tayloristischen, hierarchisch gegliederten Organisationsformen. Teams und Gruppenarbeit in sogenannten Virtuellen Organisationen werden als alternative Organisationsformen genutzt. Im Bauwesen sind Ansätze dieser Organisationsformen schon länger bekannt – stellvertretend für den Bereich der Bundesrepublik Deutschland seien hier die ARGE oder Bietergemeinschaften genannt.

Obwohl die mathematischen Grundlagen des organisationellen Ressourcenmanagements (Graphentheorie) sowie des materiellen und immateriellen Ressourcenmanagements (Mengentheorie) traditionelle Bestandteile der Grundlagenausbildung im Studium des Bauwesens sind, gelingt es vielen Ingenieuren und Architekten nur bedingt, sich der verfügbaren Werkzeuge und Methoden des Computer Supported Cooperative Work (CSCW), wie Workflowmanagement oder Dokumentenmanagement, effizient zu bedienen. Die erfolgreiche Integration der CSCW-Werkzeuge in das Arbeitsumfeld des Ingenieurs und Architekten ist erst möglich, wenn diese neben den mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen auch über zusätzliches Wissen zu technischen Hintergründen, sowie Methoden und Techniken der Management- und Organisationstheorie verfügen.

Im Bereich des organisationellen Ressourcenmanagements erarbeitet der Autor eine Methodik zur Einsatzauswahl von CSCW-Werkzeugen im Bauwesen. Sie beruht auf einer Klassifizierung in formal beschreibbare Aktivitäten und formal bedingt beschreibbare Aktivitäten. Die Formalisierbarkeit der Beschreibung von Aktivitäten gilt als wesentliche Einsatzvoraussetzung für Workflowmanagementsysteme. Kommunikationswerkzeuge können hingegen zur Steuerung informeller, vernetzt-kooperativer Prozesse genutzt werden.

Ein Ausdruck formaler Beschreibung ist die wohldefinierte Gliederbarkeit von Prozessen, die dazugehörige Beschreibung der Eingangswerte, sowie der Ergebnisse von Prozessschritten. Die exakte Beschreibung der Eingangswerte und Ergebnisse kann für Schnittstellendefinitionen zwischen Komponenten genutzt werden.

Mit der Betreuung von theoretischen Arbeiten sowie in zahlreichen Industrieprojekten (Volkswagen, Daimler-Chrysler, Hochtief) wurde ein Beitrag zur Spezifikation derartiger Schnittstellen geleistet. Ausgehend von dieser Basis wird ein weiterführender Beitrag zu einer allgemeingültigeren, musterorientierten Beschreibung der Prozessabläufe im Bauwesen auf der Grundlage der Sprechakttheorie vorgenommen. Mit Hilfe dieser Sprechakte soll die informelle Kommunikation künftig besser formalisierbar und organisierbar werden, sowie überprüfbar werden, ob die Intention des Senders auch vom Empfänger umgesetzt wurde.

1.3 Materielles Ressourcenmanagement - Sustainability

Im Bewusstsein dieser Dimensionen unglaublicher Ferne und fast unvorstellbarer Winzigkeit müssen wir leben, auch wenn es in beiden Fällen kein erklärbares Ende zu geben scheint.

... Wir Architekten und Bauingenieure werden lernen müssen, uns die Gesamtheit des menschlichen Wissens nutzbar zu machen. Es ist unsere Aufgabe, alles zusammenzubringen und zu einer einzigen Dokumentation zu vereinen.

Konrad Wachsmann an der TU Dresden 1979

Ressourcenmanagement erfordert einen ganzheitlichen Ansatz. Es ist nicht länger akzeptabel, dass sich Informationssysteme nur auf die Darstellung ausgewählter Informationen zu bauökologischen Kennwerten bzw. zu ausgewählten Schritten des Produktlebenszyklus beschränken. Die Zusammenstellung umfangreicher Kennwertsammlungen und die Betrachtung über den gesamten Produktlebenszyklus erfordert als zwingende Voraussetzung jedoch die formale Beschreibung des Informationsraumes.

In der Arbeit leistet der Autor einen Beitrag zur analytischen Beschreibung des Informationsraumes „Ökologische Baustoffkennwerte“. Die im ERG¹ des AIA² beschriebenen Lebenszyklen der Baustoffe dienen dem Autor als Grundlage für die formale Aufbereitung in eine edv - gerechte Form mit Hilfe der IDEF-0 Notation. Die Nutzung der IDEF-0 Notation erlaubt eine hierarchische, graduelle Gliederung der Prozessketten eines Produktlebenszyklus; je nach Verfügbarkeit der beschreibenden Kennwerte. Dies ermöglicht eine evolutionäre Modellverfeinerung. Im Bereich der Aufbereitung von Baustoffkennwerten kann nicht davon ausgegangen werden, dass alle Informationen in der erforderlichen Granularität sofort verfügbar sind.

Eine parallel erstellte Bau-Prozessbeschreibung in IDEF-0 ermöglicht es, die formalisierte, edv-gerechte Informationsmodellierung des Bauablaufs mit der Beschreibung der Produktlebenszyklen von Baustoffen zu verbinden. Zur Informationsdarstellung wird die Data Warehouse Technologie gewählt. Im Gegensatz zu den bisher benutzten Datenbankmanagementsystemen, unterstützt diese die Behandlung komplexer Anfragemuster über chronologisch erfasste Datenreihen. Die im IDEF-0 benutzte hierarchische Beschreibungsmethode unterstützt wiederum die im Bereich des Data Warehouse benutzten Technologien des „roll-up“ bzw. des „drill-down“. Damit gelingt die MODELLINTEGRATION von Lebenszyklusmodell und Informationsmodell.

Der eigenständige und originäre Beitrag der Arbeit liegt in der Entwicklung eines komplexen, integrierten Systemmodells zur ganzheitlichen Beschreibung von ökologischen Baustoffkennwerten. Mittels Dekomposition werden die Teilbereiche (1) Stoff- und Energiefluss, (2) Bauwerkslebenszyklus und (3) Informationsdarstellung separat modelliert. Durch die Wahl einer einheitlichen Modellbeschreibungssprache ist eine Synthese der Teilbereiche (1) und (2) problemlos möglich. Die Wahl eines gemeinsamen Modellierungsparadigmas (hierarchisch, modular, mehrdimensional) ermöglicht die Integration von Informationsmanagement und Informationsrepräsentation.

¹ ERG: Environmental Resource Guide

² AIA: American Institute of Architects

1.4 Intelligente Gebäude – Kooperative Räume - Roomware

Dieser Mann ist Werkzeugmacher. Und er ist der Meister des zwanzigsten Jahrhunderts. So wie die Dombauhütten ihre Baumeister und Steinmetzen hatten, haben wir die Werkzeugmacher. ...

*Der Werkzeugmacher produziert Werkzeuge, die unter Umständen auf eine sehr anonyme Weise jegliches Rohmaterial verarbeiten. Und dieser Werkzeugmacher ruft uns die Tatsache ins Bewusstsein, dass wir in einer negativen Welt leben. ...
Der Löffel ist das negative Produkt einer positiven Form, ...*

Konrad Wachsmann an der TU Dresden 1979

IuK-Technologien sind Ausdruck der sich verändernden weltwirtschaftlichen ökonomischen Rahmenbedingungen. Dienstleistungen und Produktionsleistungen können weltweit erbracht werden. Veränderte Managementstrategien sind die Folge; „lean-management“: die Konzentration aufs Kerngeschäft, durch Auslagerung von dienstleistenden Unternehmensfunktionen, „simultaneous engineering“: die parallele Produktentwicklung an verschiedenen Standorten, und die Einführung von „Kompetenzteams“ an Stelle hierarchischer Unternehmensstrukturen.

Wenn die Organisationsstrukturen von Unternehmen flexibler gestaltet werden, muss sich die gebaute und die IuK - Infrastruktur ebenso flexibel gestalten lassen. Das rechnergestützte Konstruieren ermöglicht heute durch integriertes Daten- und Informationsmanagement, die Planung, Simulation und CNC-gesteuerte Fertigung individueller und vorgefertigter Bauteile. Der Bauinformatiker übernimmt also sinnbildlich die Rolle des Werkzeugmachers.

Ein Konzept zur Integration von IuK-Technik in gebaute Infrastruktur entwickelte der Autor am Beispiel des SCENE-Lab der TU Braunschweig. Aufbauend auf den im Projekt „Groupware und Telekommunikation im Bauwesen“ gesammelten Nutzungsanforderungen erfolgte die komplette Planung und die Koordination der Baumaßnahme durch den Autor. Das Integrationskonzept orientiert sich methodisch an den Arbeiten Christopher Alexanders und inhaltlich an den Erfahrungen des CBPD³ der CMU⁴, der ehem. GMD, sowie der Deutschen Telekom.

Die musterbasierte Makroebene wird durch die Nutzungsszenarien für Gebäude oder Räume bestimmt. Im Falle des SCENE-Lab sind dies: (1) Konferenzraum, (2) Entwurfsraum und (3) Computersimulationsraum. Die komponentenbasierte Medianebene definiert mittels Ausstattungs-Komponenten die Raumfunktion: (I) Grundausstattung, (II) Möblierung, (III) Präsentationstechnik und (IV) Interaktions- und Kooperationstechnik. Die modulbasierte Mikroebene definiert die einzelnen Moduln und deren Beziehungen untereinander.

Für die Mikroebene wurden unter Leitung des Autors zahlreiche Computersimulationen von interdisziplinären, studentischen Projektgruppen entwickelt. Das SCENE-Lab war seit 1998 Veranstaltungsort für die projektbasierten Lehrveranstaltungen „CAD und Facility Management“, sowie „Informationssysteme und Informationsverarbeitung“. Damit konnte das entwickelte und zu vermittelnde Integrationskonzept durch die Studenten real erlebt werden. Während der Nutzung des SCENE-Lab sammelten sie Erfahrungen im Umgang mit IuK-Systemen und entwarfen in Kooperation mit Kommilitonen anderer Universitäten gleichzeitig weiterführende Bausysteme, Raumlayouts und Integrationskonzepte für IuK-Systeme.

³ CBPD : Center for Building Performance and Diagnostics

⁴ CMU : Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA

1.5 Immaterielles Ressourcenmanagement - Wissen und Lernen

Kann dieser Berufsstand es überhaupt wagen, in den Bereich von Wissenschaft, Technik und Planung einzudringen, wenn seine Visitenkarten Baustellen sind, die wie schlammige Kraterlandschaften und Abfalldeponien aussehen.

Universitäten, Technische Hochschulen und Architekturschulen fordern von künftigen Architekten und Bauingenieuren, dass sie vor dem Studium praktische Erfahrungen auf der Baustelle sammeln. Ein Anachronismus, der beispiellos ist.

...Über dieses Thema habe ich mich schon 1941 mit Walter Gropius gestritten.

Konrad Wachsmann, Luisenhof Dresden, 1979

Lehrende im Bereich des Bauwesens sind heute in einem (scheinbaren) Dilemma. Einerseits sollen Zielgruppen und Ausbildungsinhalte im Bereich der universitären Lehre erweitert werden sowie die Lehrinhalte durch Modularisierung angeglichen werden. Stichworte sind: Vermittlung von soft-skills, Aufbaustudiengänge, europäische Masterstudiengänge, Angebote im Bereich des lebenslangen Lernens. Andererseits sollen die Studienzeiten verkürzt werden und die zur Verfügung stehenden Ressourcen sind ständigen Sparzwängen unterworfen. Der Umfang der verfügbaren und zu betreuenden IuK-Werkzeuge im Studium steigt sprunghaft an.

Aufbauend auf den dargestellten Teillösungen entwickelt der Autor nun einen ganzheitlichen Ansatz zum Informations- und Teammanagement im Bereich der projektbasierten Lehre. Zum Informationsmanagement wird das Architekturmodell einer sogenannten „Learning Engine“ vorgestellt. Dieses gliedert sich in eine „Presentation Engine“ zur Inhaltsverwaltung, eine „Teaching Engine“ und die Nutzerverwaltung. Die Inhaltsverwaltung ist wiederum strukturiert in einen „Data and Information Layer“ und einen „Lecture and Activity Layer“.

Zur Beschreibung der Lehrinhalte entwickelt der Autor eine eigene Mustersprache. Die Vorarbeiten im Gebiet Metersprachen im Bereich der Architektur und der Informatik werden analysiert und um didaktische Elemente erweitert. Diese so entwickelte Meta-Beschreibung wird nun inhaltlich in vier Kategorien mit konkreten Inhalten gefüllt, also instantiiert.

Die Strukturierung der Lehrinhalte erfolgt wiederum in der IDEF-0 Notation. Damit soll die Integration projektbezogener, bautypischer Inhalte ermöglicht werden. Es kann also eine Migration zu projektbasierten Lehr-Lernformen modell- und software-architekturseitig unterstützt werden.

Die Beziehungen zwischen den einzelnen Granularitätsstufen der Beschreibung der Lehrinhalte sowie der Beschreibung des Lehr-Lernprozesses werden durch die Data Warehouse Dimensionen beschrieben. Somit wird es möglich die einzelnen Modellbestandteile als verschiedene Dimensionen des Data Warehouse aufzubereiten und darzustellen.

Die Einführung modularer, transparenter, internetbasierter Informationstechnologien und mobiler, individualisierter Kommunikationsmittel ist eine wesentliche Voraussetzung für eine Flexibilisierung der Studienabläufe. Auslandssemester und Industriepraktika lassen sich so einfacher organisieren. Es werden Rahmenbedingungen zum Technologietransfer zwischen Universitäten und Baupraxis geschaffen. Der von Wachsmann kritisierte Anachronismus wird durch den bidirektionalen Erfahrungsaustausch aufgelöst.

1.6 Ausblick, Forschungs- und Entwicklungspotential

*Außerdem habe ich keine Angst, dass etwas schief gehen kann.
... Wir müssen nämlich die Grazie haben, einen Fehler zu bekennen, aus ihm zu lernen.
Das ist der wichtigste Beitrag zum Lernen.*

*... durch die Bereitschaft, aus Fehlern zu lernen, ...[habe ich] ...
das Lehren lernend begriffen.*

Konrad Wachsmann an der TU Dresden, 1979

Informationsmanagement wird ein Forschungsschwerpunkt im Bereich der Bauinformatik bleiben. Ganzheitliche, nachhaltige Bewirtschaftung erfordert die Verfügbarkeit umfangreicher Daten und Informationen zu Bauwerken genauso, wie die Möglichkeit zu deren differenzierter Auswertung als Grundlage für zukünftige Planungen und Erweiterungen.

Beginnen wir mit der Datenerfassung: Seit ca. 1997 hat sich die Sensortechnologie enorm weiterentwickelt. Die Datenerfassung wird sich stark vereinfachen; ob auf der Baustelle zum Erfassen von Materialverbrauch und Aktivitäten, ob beim Betreiben von Bauwerken zu deren Überwachung oder im Facility Management zur Systemsteuerung und Inventarisierung.

Datenerfassung und –speicherung sind nur ein Teil der Entwicklung. Die Aufbereitung und Analyse der erfassten Daten und Informationen muss verbessert werden. Ein erster Schritt ist die Steigerung der Leistungsfähigkeit zur Verarbeitung umfangreicher Datenmengen. Wichtiger noch ist die mehrdimensionale Aufbereitung und Darstellung, um komplexe Sachverhalte durch Dekomposition und Abstraktion verständlicher zu machen. Die Analyse der Datenbestände, das Ermitteln neuer, bisher unbekannter Zusammenhänge wird eine höhere Gewichtung erfahren. Die Weiterentwicklung der Methoden des Data Mining gewinnt dabei an Bedeutung. Die Anwendungsfälle für diese grundlegenden Methoden sind vielseitig: sie reichen von der Auswertung betriebswirtschaftlicher Daten über technische Kennwerte zur Beschreibung der Leistungsparameter von Bauwerken bis hin zu ökologischen Kennwerten.

Die mit Mitteln und Methoden der Informations- und Kommunikationstechnik ermittelten Zusammenhänge und neu erstellten Modelle sind einerseits zu verifizieren und, nachdem dies erfolgreich geschehen sein wird, zu vermitteln. Gerade im Bereich der Sensortechnik wird es auch nötig werden, neue Datenerfassungs- und Steuerungstechniken in Funktionsmodellen zu erproben bzw. ihre Wirkungsweise darzustellen.

Um wettbewerbsfähig zu bleiben, bedarf es also der folgenden Veränderungen in der Bauindustrie, zu denen die Bauinformatik einen substantiellen Beitrag leisten kann:

- (1) Präziser abgestimmtes Arbeiten bei gleichzeitig erhöhter Flexibilität durch optimiertes, durchgängiges Wissens- und Informationsmanagement.
- (2) Anpassung der Organisationsformen und damit Bündelung der verfügbaren materiellen und immateriellen Ressourcen.
- (3) Nutzung der gebündelten Ressourcen zu methodisch und inhaltlich verbesserter Produktentwicklung bei ausgewogener Nutzung der verfügbaren Werkzeuge wie Computersimulation, Funktionsmodell und Feldversuch.
- (4) Computergestützte Vorfertigung und durch mobile IuK-Technik auf der Baustelle optimierte Montage und Ausführung.

2 Grundlagen des Ressourcenmanagement im Bauwesen

Modernes Ressourcenmanagement wird stets mit Mitteln und Methoden der Informationsverarbeitung unterstützt. Management bedeutet jedoch nicht nur Verwaltung sondern auch Steuerung oder Koordination. Dazu ist ein Informationsaustausch, also Kommunikation nötig. Ziel des nun folgenden zweiten Kapitels ist es, eine Aufarbeitung und kritische Bewertung von grundlegenden Methoden und Technologien, die zur Modellierung, Verwaltung und Darstellung von Information und informationsverarbeitenden Prozessen im Bauwesen geeignet sind, vorzunehmen.

Mit der Verfügbarkeit der Computertechnik und der damit verbundenen intensiven Entwicklung in der Informationstheorie hat sich die Kybernetik in den letzten Jahren zu einer bedeutenden übergeordneten Wissenschaft entwickelt. Ursprünglich nur in den Technikwissenschaften zur Steuerung und Regelung komplexer Systeme eingesetzt (*kybernetes*: griechisch „Steuermann“), wird ihre Gültigkeit nun auch zur Steuerung und Regelung in der belebten Natur anerkannt. Modelle in der Kybernetik definieren sich aus einem IST und einem SOLL-Wert, wobei der SOLL-Wert infolge von Unregelmäßigkeiten nicht erreicht wird. Es werden Steuerungsprozesse beschrieben, mit deren Hilfe der IST-Wert dem Sollwert angenähert wird.

Im Sinne der Kybernetik können wir also folgende allgemeingültige, technische Prozessdefinition aufstellen: Ein Prozess ist ein, „...strukturverändernder Vorgang, bei dem Werkstoffe, Energien oder Informationen transportiert oder umgeformt werden.“ (vgl. auch [12]: Brockhaus Bd. 17, S. 571).

Aus dieser Definition können wir also schlussfolgern:

Information bildet den Gegenstand, der von Prozessen generiert, umgeformt oder transportiert – also verarbeitet – wird.

Einzelne Komponenten sind für spezifische Verarbeitungsprozesse verantwortlich und bilden in ihrer Gesamtheit ein System zur Informationsverarbeitung.

Kommunikation ist nötig, damit die einzelnen Verarbeitungsschritte aufeinander abgestimmt werden können. Kommunikation ist jedoch zugleich die wesentliche Funktion unserer Sprache. Sprachen bilden wiederum ein System von Einzelbestandteilen. Mit der einer Sprache innewohnenden Struktur (Syntax) und den wohldefinierten Inhaltsbeschreibungen der Einzelbestandteile (Semantik) lassen sich existierende Modelle oder Beobachtungsergebnisse beschreiben bzw. erwünschte Zusammenhänge neu definieren.

Syntax und Semantik bilden vereinfachend formuliert quasi die formalen Beschreibungsgrundlagen für Sprachen. Gesprochene oder geschriebene Aussagen erfolgen jedoch immer in einem bestimmten Kontext bzw. situationsbezogen. D.h. mit Sätzen kann man sich in verschiedener Weise verständigen: man kann Fragen stellen, Behauptungen aufstellen usw. Die Sätze haben also Funktionen für unsere Verständigung. Funktionsbezogene sprachliche Handlungen nennt man Sprechakte.

Mit der Untersuchung von Sprechakten beschäftigt sich die Pragmatik als ein weiteres Teilgebiet der Linguistik. Sprechakte bilden eine wesentliche Grundlage für die Kommunikationstheorie und die Entwicklung von Kooperationsmodellen, wie sie im Abschnitt 2.3 sowie im Kapitel 5 beschrieben werden.

2.1 Modellierungsmethoden

Beim wissenschaftlichen Arbeiten unterscheidet man zwischen zwei prinzipiell möglichen Vorgehensweisen, dem induktiven Arbeiten und dem deduktiven Arbeiten.

Innerhalb der Linguistik wird vorwiegend induktiv vorgegangen, d.h. es wird beobachtet, aus den Beobachtungsergebnissen verallgemeinert und daraus eine allgemeingültige Schlussfolgerung abgeleitet. Demgegenüber wird in der Informatik häufig das deduktive Arbeiten bevorzugt. Hier erfolgt das Aufstellen einer These zu Beginn der Arbeiten, die im Verlauf der Arbeit nachgewiesen wird und deren Realisierbarkeit in repräsentativen Beispielen darzustellen bzw. anzuwenden ist.

Beim wissenschaftlichen Arbeiten kann man sich verschiedener Techniken bedienen. Im Bereich der empirischen Wissenschaften stellen das Konkretisieren (oder Individualisieren), das Protokollieren, das Klassifizieren (die Einteilung nach bestimmten Merkmalen) wesentliche Vorgehensweisen dar.

Universelle Methoden, die sich sowohl zum induktiven als auch zum deduktiven Arbeiten eignen, sind: das Aufstellen von Regeln sowie das Modellieren und das Abstrahieren. Beim Abstrahieren unterscheidet man in die generalisierende Abstraktion, also der Bildung von art- und gattungshaften Allgemeinheiten und die isolierende Abstraktion, also die Hervorhebung gemeinsamer Einzelmerkmale.

2.1.1 Modelle

Da es sich bei Prozessen um Abläufe, also nicht um gegenständliche Dinge handelt, wird von Prozessen stets ein sogenanntes Gedankenmodell entworfen. Im Gegensatz zu anderen, z.B. maßstäblich verkleinerten Funktionsmodellen, erfolgt bei Gedankenmodellen meist eine vereinfachte, anschauliche Darstellung von komplexen Strukturen und Vorgängen mit dem Zweck der näherungsweisen Betrachtung.

2.1.2 Natürlichsprachliche und diagrammsprachliche Modellierungsmethoden

Allgemein handelt es sich bei Modellierungsmethoden um Vorgehensweisen zur Beschreibung eines Realitätsausschnittes. Abhängig vom Formalisierungsgrad können im Bereich des Ressourcenmanagements unterschiedliche Modellierungsmethoden unterschieden werden: gebrauchssprachliche Methoden und die formaleren diagrammsprachlichen Methoden.

2.1.2.1 Gebrauchssprachliche Modellierung

Zur gebrauchssprachlichen oder natürlichsprachlichen Entwicklung von Informationssystemen verzeichnet die Literatur eine Vielzahl von Lösungsansätzen. Jablonski et al. [25] S. 152 führen hier zum Beispiel [Ortner et al. 1996] und [Lehmann 1995] an. Einige Autoren unterscheiden zwischen natürlicher Sprache und Gebrauchs- oder Fachsprache.

Die Gruppe der Fachsprachen sind aus Sicht des Autors als Teilmenge der natürlichen Sprache zu betrachten. Dem entspricht auch die Begriffsdefinition des Soziolektes, hier zitiert nach ([12], Brockhaus Bd. 20, S. 562)

„Soziolekt, von der Soziolinguistik in Analogie zu den Termini Dialekt, Idiolekt und Regiolekt (Regionalsprache) geprägter Begriff, der das Sprachverhalten gesellschaftlicher Gruppen bezeichnet.“

In [22] Goldmann: Bd. 20, S. 9155 wird ergänzt:

„... z. B. die für eine Gruppe typische Verwendung und Auswahl der Wörter aus dem sprachlichen System (langue). Charakteristisch für den Soziolekt sind Wortwahl, Satzbau und Aussprache. Der Soziolekt ist eine Variante der Standardsprache [und hat .. (Erg. d. Autors)] keine Normabweichung.“

Vorteil der natürlichsprachlichen Modellierung mit ausgewählten Soziolekten ist die ihnen innewohnende Mächtigkeit und Vollständigkeit (Grammatik, Lexikon usw.). Weiterhin ist die natürlichsprachliche Modellierung sehr anwenderfreundlich, da diese sich ihrer gewohnten Sprache bedienen können. Im Umfang der natürlichen Sprachen liegt aber zugleich auch ihr größter Nachteil für die Modellierung von Informationssystemen. Die ihnen innewohnenden Grammatikmodelle sind zu komplex, um vollständig implementiert werden zu können.

2.1.2.2 Normsprachliche Modellierung

Demgegenüber ist die Methode des normsprachlichen Entwurfs nach ([25] : Jablonski, S. 155) gekennzeichnet durch Methodenneutralität und Normsprachlichkeit (d.h. es liegen normierte Satzbaupläne und ein gefülltes Lexikon vor). Ein wesentlicher Teil der Aktivitäten zum Erstellen einer Normsprache ist die methodenneutrale Zusammenstellung von Fachbegriffen. Bei der Erarbeitung von Lexika nimmt die Behandlung von sprachlichen Defekten einen breiten Raum ein. Sprachliche Defekte bei Soziolekten können sein: Synonyme, Homonyme, Äquipollenzen sowie vage bzw. falsche Bezeichner. Im Bereich des Bauwesens empfiehlt es sich das Lexikon und die normierten Satzbaupläne auf einem konstruktiven Lösungsweg zu erstellen, nämlich aus dem Arbeitsvollzug heraus gemeinsam mit dem potentiellen Nutzern der Normsprache. Empirische Lösungsansätze oder formale Lösungsansätze scheinen hier weniger geeignet.

Allgemeine Erläuterungen zu Sprache finden sich im Punkt 2.2.3 (Sprachen).

2.1.2.3 Diagrammsprachliche Modellierung

Im Gegensatz zu den Nutzern von Informationssystemen, die natürlichsprachliche Beschreibungen favorisieren, bevorzugen Entwickler und Anwendungsprogrammierer formalisierte Sprachen (Diagramm- und Programmiersprachen). Aufgrund ihrer komprimierten Darstellung und ihrer größeren Anschaulichkeit erlauben es die Diagrammsprachen jedoch, auch Nicht-Methodenexperten in die Erstellung von Modellen mit diagrammsprachlichen Methoden mit einzubeziehen. Sie bilden also die erste Stufe der Zusammenarbeit zwischen Fachexperten und Informatiker.

Für die Darstellung von Datenflüssen und Arbeitsabläufen sind diagrammsprachliche Methoden besonders geeignet. Wünschenswert ist eine mögliche integrierte Darstellung, z.B. bei Arbeitsabläufen die Darstellung von Aktivität, Akteur, benutzten Ressourcen und erzeugtem Ergebnis. Weiterhin sollte es möglich sein, die Komplexität der Darstellung gezielt zu verändern. Die diagrammsprachliche Beschreibungsmethode sollte deshalb über Werkzeuge zur vertikalen und horizontalen Strukturierung verfügen.

Die vertikale Gliederung schließt dabei die Verfügbarkeit von splitting- und join-Konstruktoren mit ein (Alternative und Synchronisation). Eine Spezifikation der Konstruktoren in verschiedene Typsymbole trägt zu einer besseren Übersichtlichkeit bei.

Aus dem eben Gesagten geht hervor, dass zwischen der normalsprachlichen Modellierung und der diagrammsprachlichen Modellierung eine sehr große Kluft bei den Beschreibungsmitteln zu überbrücken ist. Muster bilden eine mögliche Ausprägung von normierter Beschreibung mit einem reduzierten begrifflichen Umfang mit einer wohldefinierten Beschreibung der möglichen Kombinationsmöglichkeiten (vereinfachte Grammatik). Im folgenden wird nun erläutert, wie Muster, die Methoden Dekomposition und Aggregation sowie eine sogenannte Mustersprache zur Prozessbeschreibung und Definition im Bauwesen genutzt werden können.

2.2 Modellierung mit Mustersprachen

Bei der Definition von Mustersprachen wird sowohl induktiv als auch deduktiv vorgegangen. Zur Bestandsaufnahme (der Modellbeschreibung im IST-Zustand) wird induktiv vorgegangen. Aus der Bestandsaufnahme heraus erfolgt die Musterdefinition basierend auf wenigen Beobachtungsergebnissen. Anschließend erfolgt die Verifikation durch Anwendung der definierten Muster. In Abhängigkeit von den Randbedingungen können gewünschte oder unerwünschte Ergebnisse von einem Muster generiert werden. Beim Erzeugen unerwünschter Ergebnisse spricht man in neuesten Veröffentlichungen im Bereich des Software Engineering auch von „anti-patterns“. Darauf wird später noch genauer einzugehen sein.

2.2.1 Muster

Eine erste, allgemeingültige Definition für Muster soll den folgenden Betrachtungen vorangestellt werden (nach [22] Goldmann, Bd. 15, S 6851):

„[Ein Muster ist eine]...typische Struktur, die dem Ablauf eines Vorganges, insbesondere einer Reproduktion als Vorbild dient.“

D.h. ein Muster wird aus den sich wiederholenden Charakteristiken definiert.

Brockhaus verweist auf den Anglizismus das „Pattern“ und liefert die folgenden Erklärungen (vgl. [12]: Brockhaus, Bd. 16, S. 603 f):

„Sozial- und Verhaltenswissenschaften: ein bestimmtes, (...) Verhaltensmuster, ein Denkmodell, eine gegliederte Anordnung oder ein aus bestimmten, immer wiederkehrenden Elementen zusammengefügtes Ablaufschema...“

„Sprachwissenschaft: Strukturmodell, nach dem eine unbegrenzte Anzahl gleich gebauter Sätze mit unterschiedlichen lexikalischen Elementen gebildet werden kann,...“

Muster bieten also die Möglichkeit unter Benutzung wohldefinierter Strukturen den Ablauf von Vorgängen reproduzieren zu können und bei der Reproduktion sich unterscheidende Ausprägungen der Struktur (ein spezielles Bauwerk oder eine speziellen Kundenwünschen angepasste Softwareapplikation) erzeugen zu können. Dies trägt wesentlich zur flexiblen Verwendung von Mustern und ihrer langfristigen Wiederverwendbarkeit bei. Eine Struktur kann mit verschiedenen Inhalten belegt werden. Somit schränkt die Formalisierung nicht die Vielfalt der möglichen Ausprägungen eines Musters ein. Daraus erklärt sich der Umstand, dass Muster in den Bereichen der Architektur, und darauf aufbauend im Software Engineering, eine große Verbreitung gefunden haben.

Zur Erstellung eines Musters bedarf es umfangreichen Erfahrungswissens. Erfahrungswissen wird meist in empirischen Beobachtungen zusammengetragen, klassifiziert und dokumentiert.

Die exakte Definition der Randbedingungen, unter denen ein Muster angewandt werden darf, ist ein weiterer wesentlicher Bestandteil der Musterbeschreibung. D.h. Muster definieren sich aus ihrer Umgebung, also ihren Beziehungen zu anderen Mustern. Sie definieren sich aus ihrer Ganzheitlichkeit und nicht als einzelne Teile.

Aufgrund ihrer Eigenschaften, können Muster folgende Funktionalitäten wahrnehmen:

- Muster unterstützen die Entwicklung von komplexen, heterogenen Systemen mit homogenen, definierten Eigenschaften.
- Muster beschreiben ein gemeinsames Vokabular und Verständnis von Entwurfsprinzipien
- Muster identifizieren und spezifizieren Abstraktionen
- Muster „destillieren“ Entwurfswissen, indem sie häufig auftretende Entwurfsprobleme und zugehörige, erprobte Lösungsvorschläge dokumentieren.

Musterbeschreibungen sind i. d. Regel dreigeteilt in:

- die Beschreibung der Einordnung in den Kontext,
- das Problemstatement und
- die Beschreibung der Lösung.

Die Kontextbeschreibung kann teilweise sehr abstrakt gehalten sein. In jedem Fall wird mit ihr die einfache Gegenüberstellung des Problem-Lösungs-Paares um eine Beschreibung der Rahmenbedingungen erweitert, innerhalb derer ein Problem auftritt und unter denen die Lösung gültig ist. Die Kontextbeschreibung kann auch – zumindest indirekt – schon Hinweise auf die Verknüpfung von Mustern untereinander beinhalten.

Einen wesentlichen Teil des Problemstatements bildet die Benennung von Kräften, die auf den Kontext einwirken. Dieser Begriff ist der Musterbeschreibung nach ([3] : Alexander) im Bereich des Bauwesens entliehen. Allgemeingültiger kann man diese Kräfte-Metapher sicher als Umschreibung für (1) Anforderungen, (2) Randbedingungen und (3) wünschenswerte Eigenschaften auffassen.

Bei der Lösungsbeschreibung handelt es sich um Funktionsbeschreibungen. Funktionen beschreiben ein spezifisches Verhalten. Einzelne Funktionsbeschreibungen können zu Prozessbeschreibungen kombiniert werden. Im Gegenzug bedeutet dies, dass grobe Muster (Prozessbeschreibungen) durch Muster tieferer Hierarchiestufen weiter detailliert bzw. differenziert werden können. Es werden somit neue, zusätzliche Funktionalitäten beschrieben und eine Differenzierung des Prozessraumes wird vorgenommen.

Da Muster wohldefinierte Handlungsvorschriften unter exakt definierten Randbedingungen liefern, können sie auch als Operatoren im Sinne der Mathematik/Informatik aufgefasst werden.

2.2.1.1 „Anti-Pattern“ oder Reparaturmuster

Als Komplement zur Differenzierung kann die Reparatur – oder deren Abwandlung, das „*anti-pattern*“ angesehen werden. Komplement steht für voneinander abhängige, aber nicht gleichzeitig mögliche Dinge. Reparatur oder „*anti-pattern*“ meint, dass nach einem Prozess der Differenzierung bzw. dem „Abarbeiten“ eines Musters, die Funktionsfähigkeit des generierten Produktes, das Ergebnis, überprüft wird. Bei unerwarteter Funktionsweise (fehlerhaft oder unvollständig) werden im Fall der „*anti-patterns*“ die Randbedingungen, welche zum unerwarteten Ergebnis führten, dokumentiert. Somit kann aus der Sammlung der „schlechten“ Randbedingungen ein neues, ein Reparaturmuster, definiert werden. Das Durchlaufen mehrerer Iterationsschritte ist möglich und nötig.

2.2.1.2 Muster in der Architektur

Im Bereich des Bauwesens wurden durch den Architekten Christopher Alexander in den späten siebziger Jahren und frühen achtziger Jahren des 20. Jahrhunderts in einer mehrbändigen Veröffentlichung (u.a. [3], [4]) wesentliche Arbeiten auf dem Gebiet der Beschreibung und Definition einer Mustersprache geleistet und dokumentiert.

In diesem Abschnitt soll zunächst nur auf Muster eingegangen werden. Die Erläuterung der Sprache selbst, also des „Rahmens“ in den dann die Muster eingeordnet werden, erfolgt später.

Die o.g. mehrbändige Arbeit Alexanders ist das Ergebnis einer mindestens achtjährigen empirischen Arbeit, basierend auf den Projekten Alexanders und seiner Mitarbeiter. Ausdrücklich wird der Praxisbezug hervorgehoben. Alexander definiert in der von ihm vorgeschlagenen Mustersprache insgesamt 253 Muster unterschiedlichster Skalen; beginnend bei Mustern zu Stadtplanungsaspekten, über Muster zum Bauwerksentwurf bis hin zu Details der Baukonstruktionslehre.

Unabhängig von der Skala verfügen alle Muster über einen einheitlichen Aufbau.

Tabelle 1: Allgemeingültige Musterbeschreibung nach ([4], [3], Alexander)

Nr	Name	Beschreibung	Übernahme
1	2	3	4

1	Bild	dokumentiert ein archetypisches Beispiel	Nein
2	Bezug (höher)	Bezug zu übergeordneten Mustern	Ja
3	Problemabschnitt		Ja
3.1		Kurze Problemcharakterisierung	
3.2		Inhalt mit empirischem Hintergrund	
3.3		Nachweis der Gültigkeit	
3.4		Mögliche Ausprägungen des Musters	
4	Lösung	Kurze, prägnante Lösungsformel	Ja
4.1		Grafische Darstellung der Lösung	
5	Bezug (tiefer)	Bezug zu Mustern kleinerer, detaillierterer Hierarchiestufen	Ja

Die Muster sind leider nur hierarchisch geordnet. Hierin liegt nach Meinung des Autors ein großer Mangel des Vorschlages von Alexander, nämlich die sehr beschränkte Anwendung von Gliederungskriterien bzw. Strukturierungsmitteln für die Anordnung der Muster im „Rahmen“.

Sehr hilfreich für potentielle Anwender der Muster ist die Bewertung in Form der Einführung eines Gültigkeitsgrades durch Alexander. Nach seiner Auffassung wird damit auch dem Nutzer eine Motivation zur Mitarbeit an der Weiterentwicklung der Mustersprache gegeben, indem auf Unzulänglichkeiten ausdrücklich hingewiesen und somit zur Mitarbeit angeregt wird.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass jedes von Alexander entworfene Muster als eine Art wissenschaftliche Hypothese interpretiert werden kann.

2.2.1.3 *Muster in der Informatik*

Im Bereich des Software Engineering besteht das wesentliche Ziel der Nutzung von Mustern im Wissensmanagement, also dem Festhalten von Erfahrungen der Software-Entwicklung in allgemeingültiger Form. Gegenüber den älteren problemunabhängigen Analyse- und Entwurfsmethoden des modularen oder des objektorientierten Paradigmas liefern Muster Vorschläge für spezielle, problembezogene Lösungen. Muster ergänzen also die problemunabhängigen Techniken – ersetzen diese jedoch keinesfalls.

Im Bereich des Software-Engineering gibt es verschiedene Gliederungsvorschläge für Muster. Neben dem Schema von ([16]: Buschmann) –welches aus früheren Entwicklungen hervorgegangen ist ([15]: Buschmann, Meunier) – steht ein ähnliches Schema von ([21]: Gamma) zur Verfügung. Zimmermann [44] hingegen beschränkt sich auf eine sehr einfache Beschreibung bidirektionaler Abhängigkeiten zwischen Mustern.

Buschmann [16] führt die Kategorien Architekturmuster, Entwurfsmuster und Idiome ein. Architekturmuster beschreiben grundsätzliche Strukturierungsprinzipien. Entwurfsmuster dienen zur Beschreibung der Detaillierung von speziellen Subsystemen oder Komponenten bzw. der Beziehungen zwischen diesen. Idiome sind programmiersprachenspezifische Muster.

Im Sinne dieser Arbeit sind die Architekturmuster von besonderer Bedeutung. Um Verwechslungen zwischen Mustern im Bereich der Bauarchitektur und der Softwarearchitektur auszuschließen, soll der Vorsatz „Software“ künftig die Muster der Softwarearchitektur spezifizieren. Softwarearchitekturmuster beschreiben auf hohem Abstraktionsniveau Prinzipien zur Strukturierung, sie definieren Teilsysteme nach ihrer Funktionalität und definieren die Abhängigkeiten zwischen den Teilsystemen.

Drei Strukturmuster sollen im folgenden näher betrachtet werden: (1) das Layer-Muster, (2) das Pipes-and-Filters-Muster und (3) das Blackboard Muster.

Das Layer-Muster unterstützt die Unterteilung eines Diskursbereiches in Teilbereiche. Diese Teilbereiche können dann auf unterschiedlich hohen Abstraktionsniveaus liegen. Nicht nur vom Namen her drängen sich hier Analogien zum Strukturieren einer CAD-Zeichnung auf. Dieser Aspekt wird im Verlauf der Arbeit noch näher zu erläutern sein.

Das Pipes-and-Filters Muster stellt einen Strukturierungsvorschlag für Systeme zur Datenstromverarbeitung dar. Hierbei werden die einzelnen Bearbeitungsschritte in eigene Filterkomponenten gekapselt.

Beim Blackboard-Muster bringen spezialisierte Subsysteme ihr Wissen zur Lösung von Problemen ohne deterministische Lösungsstrategie ein.

Zum Bauwesen ergibt sich folgende Analogie: Jedes zu entwerfende Bauwerk stellt ein Unikat dar, wenn man davon ausgeht, dass selbst gleichartige Bauwerkstypen i..d. Regel an verschiedenen Standorten errichtet werden. Somit kann keine deterministische Lösungsstrategie vorgegeben werden (Blackboard). Im Entwurfsprozess ist ein Datenstrom zu bearbeiten, auf den verschiedene Sichtweisen möglich sein sollen (Pipes- and Filters). Unterschiedliche Abstraktionsniveaus werden in den einzelnen Phasen der Bauplanung bearbeitet (Layer).

Das allgemeingültige, dreiteilige Schema für den Aufbau von Mustern - bestehend aus Kontext, Problem und Lösung (wie unter Pkt. 2.2.1 beschrieben) - wird durch ([16] : Buschmann) sehr umfangreich (nach Meinung des Autors zu umfangreich) erweitert. In Tabelle 2 wird eine Übersicht aller von Buschmann benannten Teile eines Musters, gegeben. Im Sinne der Übersichtlichkeit sollten die Teile „Auch bekannt“, „Beispiel“, „Musterlösungen und Anwendungen“ nicht übernommen werden.

Der Teil Implementierung sollte ausgegrenzt werden, um strikt bei der eingangs getroffenen Musterdefinition zu bleiben und eben gerade nicht einen Weg zur Umsetzung der Funktionalität vorzugeben. Der Teil Varianten sollte ausgegrenzt bleiben, da es aus Sicht des Autors sonst zu einer mehrdeutigen Interpretation zwischen Variante als Teil der Beziehungsdefinition und Variante als Teil der Musterdefinition kommen könnte.

Tabelle 2: Musters nach Buschmann und Bewertung zur Relevanz

Nr	Name	Beschreibung	Übernahme
1	2	3	4

0	Name	treffende, eindeutige Bezeichnung der Funktionalität	ja
0.1	Auch bekannt	andere Namen für das Muster	nein
1	Beispiel	Beispiel aus der Praxis für das Problem	nein
3	Problem	Problembeschreibung	ja
3.1	Kontext	Situation für die Anwendbarkeit des Musters	ja
4	Lösung	grundsätzliches Lösungsprinzip	ja
4.1	Struktur	detaillierte Darstellung einschließlich grafischer Darstellung	ja
4.2	Dynam. Aspekte	Verhaltensbeschreibung	ja
4.3	Implementierung	Richtlinien für eine Implementierung	nein
4.4	Musterlösung	Diskussion der Lösungsaspekte, die noch nicht beschrieben wurden	nein
4.5	Varianten	Beschreibung der Varianten und Spezialisierungen	nein
4.6	Anwendungen	Anwendungsbeispiele	nein
4.7	Auswirkungen	Vor- und Nachteile des Musters	ja
5	Verweise	Beschreibung der Beziehungen	ja

Buschmann geht davon aus, dass durch die Verfügbarkeit einer genügend großen Anzahl von Mustern die überwiegende Zahl der Modellierungsprobleme mit einer Mustersprache abgedeckt werden können. Er fordert zwar die Erweiterbarkeit der Mustersprache, bewertet aber aus Sicht des Autors den dynamischen Aspekt einer Sprache zu gering. Sprachen entwickeln sich, neue Begriffe werden eingeführt, ältere Begriffe im Sprachgebrauch werden immer seltener benutzt. Ähnliches gilt für die Nutzung von Redewendungen und grammatischen Konstruktionen.

2.2.2 Mustersprachen

Muster existieren nicht losgelöst voneinander. Ein Muster dient der Lösung eines speziellen Problems. Diese Lösung kann jedoch unter bestimmten Rahmenbedingungen neue Probleme schaffen bzw. unvollständig sein. Muster müssen also in einer geeigneten Form zusammengestellt werden. Dies kann in Katalogen, in sogenannten Systemen oder in sogenannten Mustersprachen erfolgen.

Eine Zusammenstellung in Katalogen entspricht nur einer Sammlung, bestenfalls hierarchisch geordnet, ohne eine Beschreibung der Abhängigkeiten. Besser geeignet ist eine Zusammenstellung in Systemen wie in ([16]: Buschmann) beschrieben. Am umfassendsten sind die Mustersprachen. Alexander beschreibt eine solche für den Bereich der Architektur (vgl.: [3]: Alexander). Eine genauere Betrachtung der Unterschiede zwischen System und Mustersprache erfolgte in Pkt. 2.2.1.3 Muster in der Informatik. Prinzipiell werden für Beziehungen zwischen Mustern folgende Kategorien unterschieden:

- (1) Verfeinerung / Abstraktion,
- (2) Variantenbildung / Zusammenfassung und
- (3) Kombination.

Die Verfeinerung dient zur Navigation zwischen Mustern verschiedener Hierarchiestufen, die Kombination zum Entwurf von Strukturen mit einem höheren Grad an Komplexität innerhalb einer Abstraktionsebene.

Um alle Muster in einem Mustersystem unterscheiden zu können und effizient das geeignete Muster für eine spezifische Problemlösung zu finden, bedarf es nicht nur der Klassifikation der Beziehungen zwischen Mustern, sondern auch der Einführung einer Klassifikation für Muster selbst. Im Bereich des Software-Engineering schlägt ([16]: Buschmann) sogenannte Musterkategorien und sogenannte Problemkategorien vor (vgl. auch Pkt. 2.2.1.3).

Bei der Einführung von Kategorien sollten folgende Aspekte berücksichtigt werden: (a) einfache, übersichtliche, leicht erlernbare Kriterien, (b) möglichst wenige Dimensionen zur Beschreibung des Klassifikationsraumes, (c) Gewährleistung von Erweiterbarkeit/Änderbarkeit.

Mit Hilfe des n-dimensionalen Klassifikationsschemas, der Beziehungskategorien und der Merkmale zur Definition der Kategorien entsteht ein wohldefinierter Klassifikationsraum, der mit Sicherheit als „Navigationshilfe“ innerhalb der Muster“sammlung“ dienen kann.

Die Musterauswahl erfolgt dann in den Schritten:

- (1) Problemspezifikation,
- (2) Problemeinordnung in die spezifischen Kategorien (z.B. Muster- und Problemkategorie)
- (3) Vergleich der Problemanforderungen und der Nutzungsbedingungen für die Musterlösung
- (4) Bewertung der Vor- und Nachteile
- (5) Ende der Auswahl oder neuer Iterationsschritt zur Auswahlkorrektur.

Muster, also Funktionsbeschreibungen, haben einen Raumbezug, d.h. sie werden in einem Raum oder an einem Gegenstand ausgeführt. Der Umkehrschluss ist jedoch nicht gültig: Das bloße Vorhandensein einer geometrischen Ausprägung bedingt nicht zwingend die Definition zugehöriger Funktionen bzw. Muster.

2.2.3 Sprachen

Sprache ist ein mögliches Zeichensystem, das zur Kommunikation benutzt werden kann. Bei den Sprachbetrachtungen dominiert der Aspekt der gesprochenen Sprache, des Redens oder Sich-artikulierens. Kommunikation ist aber in der Regel ein bidirektionaler Prozess – also einerseits das Formulieren und Senden einer Nachricht und andererseits das Wahrnehmen oder Empfangen einer Nachricht. Eine Nachricht muss vom Empfänger ausgewertet (entschlüsselt, interpretiert und analysiert) werden. Sprache hat also mindestens eine Ausdrucksfunktion – vertreten durch den Sprecher - und eine Appellfunktion – gerichtet an den Empfänger. Sprache kann zusätzlich noch eine dokumentierende Funktion haben. Diese kann durch Schriftzeichen oder andere Formen der Verschlüsselung realisiert sein und in verschiedenen Notationen vorgenommen werden – in Kulturnotationen, in wissenschaftlichen Notationen oder in ideographischen Notationen.

Das Ergebnis der Interpretation einer Nachricht muss nicht zwingend mit dem Ziel der Formulierung übereinstimmen. Dies liegt darin begründet, dass Empfänger und Sender der Nachricht in einer sich unterscheidenden Umwelt unter anderen Rahmenbedingungen, also auch mit unterschiedlichem Hintergrundwissen, die in einer Sprache liegenden Fähigkeiten unterschiedlich ausnutzen können.

Im Folgenden werden Grundlagen und Zusammenhänge der Linguistik dargestellt, erläutert und die Brauchbarkeit einiger Thesen der Linguistik auf ihre Anwendbarkeit für den Untersuchungsgegenstand der Arbeit bewertet. Von hervorgehobener Bedeutung für die Arbeit ist die ahistorische Vorgehensweise der Sprachbetrachtung, also die Beschäftigung mit dem Phänomen Sprache. Dabei erfolgt die Untersuchung von Regeln und Modellen, die allen Sprachen gemeinsam sind. Weiterführende Betrachtungen finden sich im Anhang unter dem Titel „Zum Aufbau von Sprachen“.

Da Kommunikation und Gruppenorganisation für Prozesse der Bauplanung- und Bauwerksbewirtschaftung, im Gegensatz zur Linguistik, von der Darstellungsfunktion dominiert sind, sollen hier nur der semantische und der syntaktische Aspekt betrachtet werden und nicht der phonologische Aspekt der Sprache.

Der inhaltlich beschreibende Aspekt – **die Semantik** - verfügt über eine umweltreferenzierende Komponente und eine verweisende Komponente. Wörter werden aus Lexemen, der umweltreferenzierenden, vom Redekontext unabhängigen Komponente, und grammatischen Wortbildungsmorphemen gebildet. Sie sind die ZENTRALE BEDEUTUNGSEINHEIT einer Sprache. Dem formtragenden und dem bedeutungstragenden Teil des Wortes wird noch ein distributioneller Teil hinzugefügt, der erklärt, an welchen Positionen in der übergeordneten Struktur ein Wort vorkommen kann und mit welchen Wortarten es innerhalb dieser Struktur kombiniert werden darf. Die Satzfunktion eines Wortes (oder einer Wortgruppe) ergibt sich aus der Kombination von Wortart und Strukturposition.

Satzfunktion := Wortart + Strukturposition

(Gleichung 1)

Innerhalb eines semantischen Systems können Wortbedeutungen erweitert oder verengt werden. Dies entspricht in etwa einer hierarchischen Layerstruktur nach Buschmann [16]. Wörter haben einen Bedeutungsumfang. In Mustern bilden Problemdarstellung und Lösungsbeschreibung hier das Analogon.

Die Syntax erfasst Regeln, nach denen Wörter in Sätzen zusammengestellt werden können. Ein Satz besteht mindestens aus Subjekt (dem Handlungsträger) und Prädikat (der Handlung selbst). Objekte, Attribute und adverbiale Bestimmungen können den Satzinhalt umfassender erläutern.

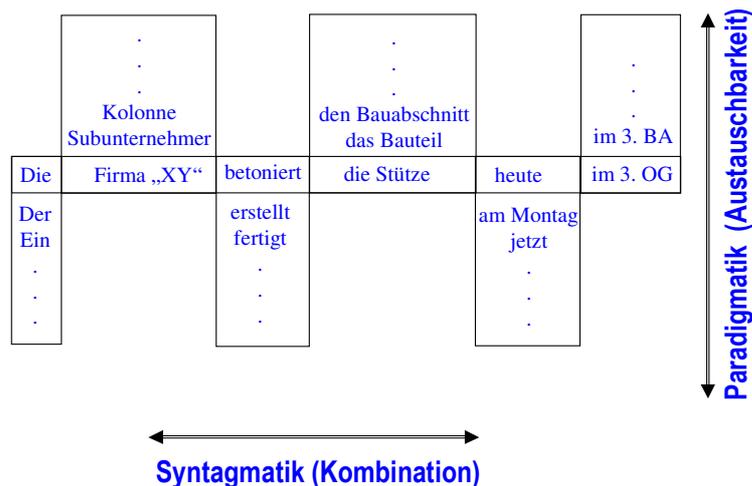
Ein Satz kann verschiedene Formen haben: einfacher Satz, Matrixsatz, Satzreihe und Kurzsatz.

Beim Versuch einer Übertragung in den Bereich der Produkt- und Prozessmodellierung im Bauwesen könnte man festhalten, dass die Nomen und die Adjektive die Beschreibung des Produktmodelles vornehmen. Mit den Verben und den Adjektiven werden die Prozesse beschrieben. Außerdem wird deutlich, dass ein Prozess immer an einem Produkt ablaufen muss.

Zur Analyse und Beschreibung grammatischer Kategorien stehen verschiedene Methoden zur Verfügung; z.B.: die Distributionsanalyse, die komponentielle Semantik und die Merkmalssemantik. Die Merkmalssemantik ist eine reine semantische Klassifikationsmethode. Man analysiert Bedeutungsfelder, indem man in Einzelbedeutungen zerlegt. Z.B. leitet man aus der Grundbedeutung „Bauteil“ weitere Bedeutungen ab:

Stütze (Bauteil + tragend + linear + vertikal)

Fenster (Bauteil + nicht tragend + flächig)



Paradigmatische und syntagmatische Relationen

Abbildung 1: Paradigmatische und syntagmatische Relation

(frei nach [13], Bünting: Abb. 4)

Die komponentielle Semantik beinhaltet eine paradigmatische Komponente – das Wörterbuch – und eine syntagmatische Komponente – die Projektionsregeln. Paradigmatische Relationen beschreiben die Ersetzbarkeit einer Komponente durch eine andere an einer bestimmten Strukturposition. Ein Wörterbuch enthält somit syntaktische und semantische Merkmale sowie Selektionsbeschränkungen. Die Projektionsregeln beschreiben die Beziehungen zwischen den einzelnen Satzpositionen. Die Merkmalssemantik bildet einen weiteren Teil der Projektionsregeln. Damit wird die Interpretation von Bedeutungsfeldern möglich.

Bei der Distributionsanalyse werden paradigmatische und syntagmatische Beziehungen mengenorientiert beschrieben. Man unterscheidet zwischen den paradigmatischen Kategorien der distributionellen Äquivalenz und der Inklusion, der syntagmatischen Kategorie der komplementären Distribution und der Überlappung.

2.2.4 Pragmatik und Sprechakttheorie

Im Fachgebiet der Pragmatik entwickelten ([6]: Austin (1962)) und ([40], [41]: Searle) maßgeblich die sogenannte Sprechakttheorie. Anders als bei Syntax und Semantik, die sich mit der Modellierung der Wortfolgen selbst beschäftigen, steht bei der Sprechakttheorie die Handlung, der Akt der Kommunikation im Mittelpunkt der Betrachtungen. Die Sprechakttheorie beschäftigt sich also mit dem Verständnis der natürlichen Sprache und nicht mit der Untersuchung der Einzelbestandteile von Sprache.

Die Aktivität der Kommunikation besteht aus einer Folge von Sprechakten. Jeder einzelne Sprechakt wiederum besteht aus einer wohl strukturierten Wortfolge. Wortfolgen können unterschiedlich lang und hierarchisch gegliedert sein (Satz, Abschnitt, Dokument). Diese Wortfolgen werden in der Sprechakttheorie auf ihre Bedeutung hin analysiert.

Die Grundidee der Sprechakttheorie wird von Brandom (vgl.: [9], [10]) aufgegriffen und wesentlich erweitert. Er beschreibt nicht nur das Wesen der menschlichen Kommunikation, sondern erläutert die Koordinierungsleistungen, die zu erbringen sind, um Sinn und Geltung einer Äußerung zu erfassen. Den Ausgangspunkt seiner Überlegungen sieht Brandom in der These Kants, dass wir durch unsere menschlichen Überzeugungen und Handlungen gewillt sind, Verpflichtungen zu übernehmen. Dies bedeutet unser Handeln ist nicht nur von der Natur bestimmt, sondern von kulturellen Werten und Normen. Über die Verbindlichkeit dieser Normen bestimmen wir selbst, indem wir sie als verbindlich anerkennen. Diese Kantsche Grundthese bündelt Brandom mit den Gedanken Hegels, dass sich in den Normen soziale Ansprüche widerspiegeln, der Humboldtschen Idee, dass sich in der Sprache unser Denken ausdrückt und der Annahme Heideggers, dass Begriffe nicht ein analytisches Instrumentarium zur Beschreibung der Welt sind, sondern aus dem Leben entstammen zu seiner eigenen, neu erstellten Systematik der „Expressiven Vernunft“.

In seinem Hauptwerk „Making it Explicit“ entwickelt Brandom die These, dass wir unsere Welt und die Abläufe in unserer Welt mit den existierenden Begrifflichkeiten strukturieren. D.h. die von uns benutzten Begriffe beschreiben die Umwelt nicht neutral, sondern stets entsprechend den von uns selbst aufgestellten und anerkannten Regeln des sozialen Zusammenlebens.

In seiner Systematik definiert Brandom unsere sprachlichen und begrifflichen Fähigkeiten als eine Menge von praktischen Möglichkeiten zur Kommunikation. Der erfolgreiche Gebrauch dieser Möglichkeiten kann von uns selbst und von unserer Umwelt bewertet werden. Zusätzlich zur pragmatischen Dimension führt Brandom eine semantische Dimension ein, nämlich in Form von inferenzialistischen Verkettungen (logischen Relationen) ausgedrückt durch logisches Vokabular wie z.B. „wenn-dann“ Relationen. In der Systematik der „Expressiven Vernunft“ gelingt es also Brandom die pragmatische Dimension und die semantische Dimension zusammenzuführen.

Brandoms Systematik dient als Leitfaden für die weiteren Betrachtungen. Es muss sichergestellt werden, dass die in Kommunikations- und Kooperationssystemen implizit und explizit vorhandenen Regeln von allen Benutzern als verbindliche Norm anerkannt werden. Gleiches gilt für die in Templates enthaltenen inhaltlichen Definitionen. Bei der Erstellung von Inhalten und Templates sollte man sich der Modellierungsmethoden bedienen, die der gebrauchssprachlichen Modellierung möglichst nahe kommen. Gebrauchssprachen, und deren Soziolekte, gelten als allgemein anerkannte Normativen.

2.3 Konversation, Koordination, Kooperation

Im folgenden Abschnitt erfolgt die Charakterisierung von Konversation, Koordination und Kooperation als den wesentlichen Aktivitäten der rechnergestützten Gruppenarbeit⁵. Die Charakterisierung der Konversation erfolgt auf der Grundlage der Sprechakttheorie bzw. deren Weiterentwicklung. Die Charakterisierung der Theorien zur Modellierung der Koordination stützt sich schwerpunktmäßig auf Arbeiten von Malone und Crowstone (z.B.: [32]).

Kommunikation kann auch als die erste und einfachste Form des Informationsaustausches interpretiert werden. Erfolgt diese Kommunikation zielgerichtet und bei übereinstimmenden Zielen zwischen Kommunikationsteilnehmern, so spricht man von Koordination oder Kooperation. Diese Klassifikation wird im Kapitel 3 näher betrachtet. Kommunikation kann also als „Informationsaustausch“ im weitesten Sinne aufgefasst werden.

Konversations- oder Kommunikationsmodelle sowie Koordinations- und Kooperationsmodelle sind wesentliche Grundlagen für die später zu behandelnde Form der rechnergestützten Gruppenarbeit: Computer Supported Cooperative Work und Workflow Management (vgl. Pkt. 3.1 und Pkt. 3.4).

2.3.1 Konversationsmodelle

Die Benutzung der Sprache ist neben der Benutzung von Mimik oder Gestik das wichtigste Kommunikationsmittel. Die Linguistik hat als einen wesentlichen Untersuchungsgegenstand den Austausch von Wortfolgen, die sowohl schriftlich oder mündlich übermittelt werden können. Eine allgemeine Einführung wurde unter Punkt 2.2.3 (Sprachen) gegeben. Weiterführende Bemerkungen sind im Anhang zusammengestellt.

Die auszutauschenden Wortfolgen werden in der Linguistik nach drei Aspekten untersucht: (1) der Struktur der Wortfolge – also der Syntax, (2) den möglichen Bedeutungen der syntaktischen Strukturen – also der Semantik und (3) der Intention des Senders einer Wortfolge bzw. dem Effekt der Kommunikation auf den Empfänger einer Wortfolge – also der Pragmatik.

Die Sprechakttheorie dient als Grundlage der nun folgenden Erläuterung des Konversationsmodells. Borghoff und Schlichter ([8] S. 352) kommen zu folgender Definition:

„Die Sprechakttheorie gibt eine Analyse der Sprache als bedeutungsvolle Handlung (Akte) von Kommunikationspartnern in Situationen einer gemeinsamen Aktivität.“

Die Klassifizierung der Sprechakte erfolgt in fünf Basiskategorien, nämlich:

- Behauptung, Deklaration, Äußerung
als Kategorien mit Vergangenheits- oder Gegenwartsbezug sowie
- Anweisung und Verpflichtung
als Kategorien mit Bezug in die Zukunft.

⁵ Zur Begriffsdefinition der rechnergestützten Gruppenarbeit vgl. Kapitel 5

Der Präsentationsgrad beschreibt, wie die Wortfolge dem Empfänger präsentiert wird (z.B. formal, höflich, informell, unterwürfig usw.)

Nachdem die Sprechakttheorie und die Klassifikation der Sprechakte kurz charakterisiert wurden, sollen nun sogenannte Konversationsnetze beschrieben werden. Diese dienen der Strukturierung des Konversationsverlaufes.

Untersuchungen zur Strukturierung von Konversationen bei Gruppenarbeit in Netzen führten Winograd und Flores [43]. Sie versuchten wiederkehrende Kategorien von Sprechakten zu isolieren, ohne dabei die Wortfolgen selbst zu untersuchen. Daraus lassen sich dann Regeln für die Abfolgen von Sprechakten ableiten, die sogenannten Konversationsnetze.

Konversationsnetze werden nach ([8]: Borghoff und Schlichter, S. 354) wie folgt beschrieben:

- In jedem Zustand der Konversation gibt es nur eine kleine Menge zu spezifizierender Sprechakte
- In Endzuständen erwarten die Kommunikationspartner keine weiteren Handlungen. Die Menge der Endzustände ist begrenzt.
- Das Urteil, ob eine Handlung erfolgreich abgeschlossen ist, hängt von der Interpretation der Beteiligten ab (Sender und Empfänger).
- Handlungen sind durch Wortfolgen der Kommunikationspartner linguistisch beschrieben.
- Das Konversationsnetz beschreibt nicht die Konsequenz einer Handlung.

Borghoff und Schlichter definieren außerdem, dass Handlungen nicht explizit ausgedrückt werden müssen. Dies führt u.U. jedoch zu inkonsistenten Zuständen. Um dies zu vermeiden, wird diese Regel für die weiteren Betrachtungen im Rahmen der Arbeit nicht übernommen. Selbstverständlich sind Konversationsbeschreibungen hierarchisch gliederbar, d.h. ein Konversationsmodell kann mehrere Konversationsteilmodelle enthalten.

2.3.1.1 Konversationssysteme

Das vorgestellte Konversationsmodell bildet die Grundlage für die Implementierung der Klasse der Konversationssysteme. Diese Softwaresysteme sind auf die Unterstützung des Informationsaustausches zwischen Akteuren ausgerichtet. Akteure können sowohl Personen als auch Softwarekomponenten, sogenannte Agenten, sein.

Innerhalb dieser Systeme wird Konversation als Austausch einer Folge von Nachrichten zwischen den Akteuren realisiert. Die ausgetauschten Nachrichten sind wie oben dargestellt kategorisiert. Innerhalb einer Gruppe von Nachrichten sind die Austauschbedingungen und –beziehungen klar definiert. Das mögliche Antwortspektrum für einen bestimmten Nachrichtentyp ist sehr begrenzt. Die Modellierung und Implementierung vereinfacht sich damit. Der Ablauf von Gruppenprozessen ist in Phasen gegliedert. Jede dieser Phasen ist durch ein Kooperationsmuster beschreibbar.

2.3.2 Koordinationsmodelle

Malone und Crowstone [32] charakterisieren Koordination allgemein folgendermaßen:

„Coordination can be seen as the process of managing dependencies among activities“

Koordinationsbedarf kann aus verschiedenen Gründen nötig werden:

- Aufgrund der Art und der Struktur einer gemeinsam zu lösenden Aufgabe, nämlich der Komplexität und/oder Intensität der Abhängigkeiten zwischen Gruppenmitgliedern der räumlich-zeitlichen Distanzen
- Aufgrund sachlicher Distanzen
- Aufgrund menschlicher Distanzen

Die Zusammenstellung zeigt, dass sich Probleme, die sich aus Art und Struktur der zu lösenden Aufgabe ergeben, wohl noch eher mit rein technischen Lösungen bearbeitet werden können. Die letzten beiden Problemklassen verdeutlichen jedoch, dass nur durch die Nutzung technischer Protokolle soziale, zwischenmenschliche Konflikte nicht aufgelöst werden können.

Die Einbeziehung sozialer Protokolle und damit die Notwendigkeit der Implementierung der Mensch-Maschine-Interaktion sind ebenso notwendig (vgl. Condon 1993 in [8] S. 367).

Die den Koordinationsmodellen zugrundeliegende Koordinationstheorie dient der Formalisierung der Abhängigkeiten zwischen Aktivitäten sowie zur Analyse und Bewertung unterschiedlicher Koordinationsansätze. Malone und Crowstone unterscheiden in folgende Abhängigkeitstypen:

- (1) Voraussetzung:** Der Betrachtungsschwerpunkt auf den vorangegangenen Aktivitäten
- (2) gemeinsame genutzte Ressourcen**
- (3) Simultanität:** Der Betrachtungsschwerpunkt auf der Untersuchung der Abhängigkeiten von parallel ablaufenden Aktivitäten.

Koordination besteht aus Komponenten, denen in verschiedenen Betrachtungsebenen unterschiedliche Koordinationsprozesse zugeordnet werden können (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3 Betrachtungsebenen, Komponenten der Koordination und zugehörige Prozesse
(nach [8]: Borghoff, S. 368 f.)

Betrachtungsebenen	Komponenten der Koordination	Koordinationsprozesse
1	2	3
Koordination	ZIELE	IDENTIFIZIEREN
	AKTIVITÄTEN	PLANEN
	AKTEURE	BESTIMMEN
	ABHÄNGIGKEITEN	VERWALTEN Aktivitäten Reihenfolge FESTLEGEN HANDHABEN Ressourcen ZUTEILEN
Gruppen- entscheidung	ZIELE	Teilziele DEFINIEREN
	Aktivitäten ALTERNATIVEN, BEWERTUNGEN	Ziele auf Aktivitäten ABBILDEN Teilziele DEFINIEREN
	AKTEURE	Aktivitäten auf Akteure ABBILDEN Aktivitäten zu Akteuren ZUORDNEN
	Abhängigkeiten AUSWAHL	(autoritär, abstimmen, Konsens) SELEKTIEREN
Kommunikation	Akteure SENDER, EMPFÄNGER	gemeinsame Sprache FESTLEGEN
	Abhängigkeiten GEMEINSAME NACHRICHTEN	Kommunikationspfade FESTLEGEN
Wahrnehmung gemeinsamer Objekte	AKTEURE	auf gemeinsame Datenbank ZUGREIFEN
	Abhängigkeiten OBJEKTE	gemeinsame Objekte VISUALISIEREN

2.3.3 Kooperationsmodelle und virtuelle Meetings

Die Bearbeitung gemeinsam genutzter Dokumente bestimmt einen wesentlichen Teil der (Ingenieur-) Aufgaben im Bauwesen. Sie sind ein klassisches Fallbeispiel zur Analyse von Kooperationsbeziehungen und Kooperationsmodellen. Insbesondere in der Vorschlags- oder Brainstorming-Phase ist eine Vorabstrukturierung der Prozesse weder möglich noch sinnvoll. D.h. die Zusammenarbeit ist nur wenig strukturiert. Im folgenden Abschnitt sollen deshalb schwach formalisierbare Aspekte der Kooperationsunterstützung von Gruppenarbeit betrachtet werden. Dies sind einerseits soziale Aspekte der synchronen Kooperation, aber auch der Zusammenhang zwischen Kooperationsprozess und zu bearbeitendem Gegenstand, nämlich von elektronischen Dokumentationen mit hohem Strukturierungsgrad und sehr detaillierten Metainformationen. Die Ausführungen orientieren sich an einer Arbeit von ([8]: Borghoff, Schlichter; Kap. 8).

2.3.3.1 Kooperationsmodelle und -phasen

Synchrone Kooperation erfolgt häufig in Form sogenannter virtueller Meetings. Es hat sich gezeigt, dass nur das Vertrauen in die Technik und eine Software-Unterstützung nicht für einen Sitzungserfolg garantieren, sondern dieser auch von der Verfügbarkeit geeigneter Modelle zur Koordination der Zusammenarbeit abhängt. Diese Erkenntnis führte zur Entwicklung der sogenannten rollenbezogenen Modelle ([8]: Borghoff, Schlichter, S 395) wie :

- Chauffeur Modell,
- Rechnergestütztes Modell und
- Interaktives Modell.

Beim Chauffeur-Modell verfügt nur der Sitzungsleiter⁶ über einen Zugriff auf die elektronischen Hilfsmittel. Somit bestimmt dieser nicht nur über den gezeigten Inhalt, sondern auch über Inhalt und Form der vorzunehmenden Eingaben und Manipulationen.

Beim Rechnergestützten Modell verfügen alle Teilnehmer über ein eigenes Ein- und Ausgabemedium. Die „Steuerung“ der Sitzung wird jedoch weiterhin durch einen Sitzungsleiter vorgenommen, d.h. dieser bestimmt den Inhalt der Sitzung, protokolliert und entscheidet über einzusetzende Software und unterweist in die Softwarenutzung.

Beim Interaktiven Modell arbeiten alle Benutzer parallel und können Inhalte somit auch anonym einfügen, Gruppendokumente verändern usw. Die Rolle eines Sitzungsleiters (oder Chauffeurs) entfällt hier zu Gunsten eines gleichberechtigten Arbeitens.

In den frühen Phasen der Organisation „Virtueller Meetings“ sah man vordergründig einen Vorteil in einer kreativeren Arbeitsatmosphäre und einer besseren Möglichkeit zur Ideengenerierung.

⁶ In der englischen Sprache wird diese Rolle auch häufig als facilitator bezeichnet.

Sehr schnell gelangte man wieder zu der allgemeingültigen dreigeteilten Gliederung, bestehend aus:

- Vorschlags- oder / Brainstorming-Phase
- Argumentations- oder Organisations-Phase
- Evaluations-Phase
- Jede der genannten Phasen bedarf einer gezielten Unterstützung.

2.3.3.2 Kooperationsaspekte und Kooperationsgegenstand

Im Gegensatz zu Einbenutzer-Umgebungen ist es in Mehrbenutzerumgebungen wichtig, auch den Erstellungsprozess einschließlich der anderen beteiligten Akteure mit zu betrachten. Folgende Aspekte sind von Bedeutung:

- AWARENESS: Welche Partner sind an welchen Teilprojekten tätig?
- ZIEL: Welches (Teil)Ziel soll mit der Aktion erreicht werden?
- DIMENSION: Welchen Teilausschnitt haben die Partner verfügbar?
- INTERAKTION: Wie sind eigene Aktivitäten mit denen der Partner verbunden?

Es soll nun erläutert werden, wie diese Aspekte in die Bearbeitung einbezogen werden können.

Grundvoraussetzung für eine Verbindung der o.g. verschiedenen Sichtweisen ist die Reduzierung der Komplexität. Im Fall von digitalen Dokumenten kann dies einmal durch die Trennung in logische Sicht und Datensicht erreicht werden. Auf dieses Modellierungsmittel soll nicht weiter eingegangen werden, da es sich um ein bekanntes, etabliertes Vorgehen handelt.

Andererseits ist es möglich, die logische Sicht nochmals in eine sogenannte „Meta-Ebene“ und eine sogenannte „Inhaltsebene“ zu gliedern. Insbesondere seit der Einführung der SGML⁷-Spezifikation Ende der achtziger Jahre des 20. Jh. und der daraus hervorgegangenen Weiterentwicklungen bzw. Ausprägungen wie HTML⁸ und XML⁹ gewinnt die differenzierte Betrachtung von allgemein beschreibenden Daten und detaillierten inhaltlichen Darstellungen an Bedeutung. Die Verfügbarkeit verschiedener Darstellungsmöglichkeiten für ein logisches Dokument hilft die Kooperationsaspekte einfacher und übersichtlicher zu handhaben.

Am Beispiel der Steuerung von Zugriffsrechten untersuchten Borghoff und Schlichter, auf welcher Ebene diese Steuerung erfolgen soll. Sie kamen zu dem Ergebnis (vgl. [8]: S 414 ff), dass eine Granularität unterhalb der Abschnittsebene in Textdokumenten wenig sinnvoll ist und schlagen die Verwendung einer „frei wählbaren Granularität innerhalb definierter struktureller Einheiten“ vor. Zur Definition struktureller Einheiten stehen eine Reihe von Normungsvorschlägen je nach Anwendungsbereich zur Verfügung (z.B. SCORM¹⁰, aecXML).

Eine Analogie zu bekannten Strukturierungsmitteln in technischer Software, wie beispielsweise CAD-Systemen, kann einfach hergestellt werden. CAD-Projekte lassen sich in beliebig viele Teilzeichnungen, sogenannte Referenzzeichnungen teilen. Jede einzelne Zeichnung kann wiederum in typisierte Elemente gegliedert werden. Zusätzlich ist der Zeichnungsinhalt in Layer strukturierbar.

⁷ SGML: Standard Generalized Markup Language

⁸ HTML: Hyper Text Markup Language

⁹ XML: extended Modelling Language

¹⁰ SCORM: Sharable Content Object Reference Model

In zeitgemäßen CAD-Werkzeugen kann diese Gliederung in eine produktmodellorientierte Struktur bis auf Objektebene überführt werden bzw. mit dieser kombiniert werden.

Mit der reduzierten Komplexität durch Nutzung der Meta-Beschreibungen lassen sich die o.g. Aspekte der Kooperation einfacher handhaben. So ist es möglich, auf der Ebene von Absätzen bzw. typisierten Elementen, Kapiteln bzw. Referenzzeichnungen darzustellen, welche Nutzer gerade an einem Dokument arbeitet (AWARENESS). Die Zuordnung von Teilzielen zu solchen groben Gliederungseinheiten ist ebenfalls möglich (ZIEL). Die Zuweisung von Zugriffsrechten und das Definieren von privaten Arbeitsbereichen kann analog auf effiziente Art und Weise erfolgen. Damit verbunden ist die Versions- und Historienverwaltung (DIMENSION). Nicht zuletzt kann die INTERAKTION durch eine Trennung in explizite Koordination – d.h. die Veränderung der Struktur des Dokumentes – und implizite Koordination – die Editierung des Inhaltes einer bestimmten Struktureinheit – ebenfalls sehr gut koordiniert werden.

Der Generierungsprozess von gemeinsam genutzten Dokumenten ist in jedem Fall nachvollziehbar in Form einer „Historienverwaltung“ zu protokollieren. Sofort ist wieder einsichtig, dass die Speicherung einer zu umfangreichen oder zu detaillierten Historie eines Dokumentes nicht zielführend ist. Es genügt, diese Protokollierung auf der Metaebene vorzunehmen. Lediglich im Kurzzeitbereich sollte eine detaillierte Protokollierung der Historie auf Inhaltsebene erfolgen.

Die Historienverwaltung dient gleichzeitig der Steuerung der sogenannten Undo-Operationen. Das Problem des Rücksetzens einer Sequenz von Operationen wird in der Literatur intensiv diskutiert und soll nicht Gegenstand weiterführender Erläuterungen in dieser Arbeit sein. Es sei hier u.a. auf die Ausführungen in ([8]: Borghoff u.a., S. 213 ff & S.430 ff) verwiesen.

2.3.3.3 Zusammenfassung

Erste eigene Erfahrungen konnte der Autor mit der Arbeit in einer CSCW-Umgebung bestehend aus Videokonferenzsystem, application-sharing - Werkzeug und Dokumenteneditor(en) sammeln: (vgl. [132]: Menzel). Es ergibt sich folgende Zuordnung und Bewertung:

- Separate Übertragung des Audio- und Videodatenstromes. Hier bedarf es einer kontinuierlichen, stabilen Datenübertragung. Leitungsvermittelte Dienste sind beim derzeitigen Stand der Technik vorzuziehen (vgl. Abschnitt 2.4).
- Trennung der Funktionalität zum verteilten Arbeiten (application-sharing) von der eigentlichen Funktionalität der Software-Anwendung. Es wird ein separater Datenkanal genutzt. Es können u.U. paketvermittelnde Dienste (vgl. Abschnitt 2.4) herangezogen werden. Der Bediener ist mit dem Umgang des Dienstes zum application-sharing vertraut.
- Nutzung eines vertrauten Dokumenteneditors. Dies ist die dem Nutzer bekannte Anwendungssoftware (CAD, Textverarbeitung usw.). Mit den Standardfeatures sind auch beim heutigen Stand der Technik schon eine Reihe Funktionalitäten zum Versionsmanagement vorhanden und nutzbar (z.B. Versions- und Nutzerverwaltung in Texteditoren).

2.3.3.4 Kooperation in virtuellen Meetings – Vor- und Nachteile

Die Verfügbarkeit moderner und vielfältiger IuK-Technologien¹¹ erlaubt es heute, Meetings, technische Sitzungen und weitere Formen der Kooperation mit elektronischer Unterstützung, an verschiedenen Orten, zeitgleich oder zeitversetzt zu organisieren. „Virtuell“ wie in der Überschrift gebraucht, steht also für den Ersatz eines physikalisch existierenden Raumes für Sitzungen durch einen nur noch virtuell vorhandenen, elektronisch unterstützten Kooperationsraum. Kooperationsprozesse sind nur bedingt formalisierbar. Bei der Auswahl eines geeigneten Kooperationsmodelles, sowie der Strukturierung von elektronisch zu bearbeitenden Dokumenten sollten die in Tabelle 4 kurz gegenübergestellten Vor- und Nachteile „Virtueller Meetings“ als Entscheidungsgrundlage herangezogen werden.

Tabelle 4: Vor- und Nachteile „Virtueller Meetings“
(nach [8]: Borghoff, S. 392 f).

Voreile	Nachteile	
1	2	3
Mehr Informationen größere Gruppen, Zugriff auf externe Informationen	Informationsüberfluss Zu schnelle Informationsgenerierung langsame Verarbeitung	
Optimierte Simultane Arbeit Gleichberechtigte Teilnahme	Aufgesplittete Redezeit	Dominierungsproblem: einige dominieren andere
Lernvorgang lernen von anderen Teilnehmern	Unvollständigkeit Nur Teile der Informationen werden zur Arbeit benutzt.	Erinnerungsmangel Kontextverlust, Fehlinterpretation
Bessere Problemerkennung Gruppe entdeckt mehr Probleme bei Ideenumsetzung	Anpassungsproblem Höflichkeit oder Angst führen zu verminderter Kritikfähigkeit oder Anonymität zu „brutaler Offenheit“	Verminderungsproblem Behinderung des einzelnen neue Ideen und Kommentare darzu- stellen (erscheinen unwichtig)
Stimulation Gruppenarbeit ermutigt, neue Ideen vorzuschlagen	Passivität/Bewertungsproblem Angst vor negativer Bewertung durch andere Teilnehmer	Kognitive Einbahnstraße Diskussion wird von einer Idee dominiert
Synergie Untersch. Kenntnisse & Fähig- keiten d. Teilnehmer führen zu Adaptionen & Modifikationen	Konzentrationsproblem Mehr Konzentration auf Kommen- tierung anderer Beiträge, als auf Entwicklung neuer, eigener Ideen	Aufmerksamkeitsproblem Ständiges zuhören „Müssen“ raubt Zeit für Kreativität

2.3.3.5 Virtuelle Meetings und bauliche Infrastruktur

Mit der Kooperationsform der „Virtuellen Meetings“ wird versucht, die Anzahl tatsächlich abzuhaltender Besprechungen durch Nutzung von IuK-Technologien zu reduzieren. Dies führt jedoch nicht zu dem Umstand, dass sich die Anzahl der physikalisch benötigten Sitzungsräume reduziert. Die Anzahl der benötigten Sitzungsräume kann sich u.U. noch erhöhen, da an physikalische Sitzungsräume, die neue Kooperationszenarien unterstützen, spezielle Anforderungen bezüglich der baulichen Gestaltung und der Möblierung gestellt werden.

Dies wird in Kapitel 5.2 detaillierter ausgeführt.

¹¹ IuK: Informations- und Kommunikations-Technologien

2.4 Kommunikationstechnologien

Die in den letzten Jahren enorm gestiegene Leistungsfähigkeit der Computersysteme sowie der zugehörigen Netzwerk-Infrastruktur ermöglicht es, neuen Organisationsmodelle im Bauwesen schnell und effizient zu unterstützen. Das Verständnis der Modelle und das Wissen um die Leistungsfähigkeit der einzelnen IuK¹²-Technologien ist nötig, um in der Vielfalt der angebotenen Dienste den jeweils passenden auswählen zu können. Nicht die pure Verfügbarkeit der Informations- und Kommunikationstechnik, sondern erst deren gezielter, situationsgerechter Einsatz und die Integration in bestehende Entwurfs- und Geschäftsprozesse stellen einen Produktivitätsgewinn sicher.

Im folgenden Abschnitt werden ausgewählte technische Konzepte des verteilten Arbeitens kurz dargestellt. Ausgehend von einer ersten Klassifikation der Kommunikationsformen erfolgt eine Darstellung der wesentlichen verfügbaren Kommunikationsdienste. Weiterführende Erläuterungen einschließlich der Darstellung von Parametern zur Bewertung ihrer Leistungsfähigkeit erfolgen im Anhang.

2.4.1 Kommunikationsdienste

Assoziation Zeit	1:1	Definierte Gruppe	Beliebige Gruppe
synchron	Zwiesgespräch	Besprechung Konferenzen	Radio Fernsehen
asynchron	Datenbankabfrage Nachrichtenaustausch	Rundschreiben	Massenversand Schwarzes Brett
Kommunikations- topologie	Unicast Topologie	Multicast Topologie	Broadcast Topologie

Kommunikationsbeziehungen

Abbildung 2: Matrix d. Kommunikationsbeziehungen
(in Anlehnung an Froitzheim [20] S. 214)

Prinzipiell findet man in der einschlägigen Literatur ([20] Froitzheim S. 213 ff) drei Klassifikationskriterien für Kommunikationsdienste: (1) Ort, (2) Zeit und (3) Beziehung zwischen den Teilnehmern. Entsprechend diesen Kriterien kann in eine örtlich verteilte bzw. in eine örtlich lokale Kommunikation, in zeitlich synchrone und zeitlich asynchrone sowie in Kommunikation mit genau einem Partner, in Kommunikation innerhalb einer definierten Gruppe und Kommunikation innerhalb einer beliebigen Gruppe unterschieden werden (vgl. Abbildung 2).

Im Bereich der Daten- und Informationsverarbeitung lassen sich die während einer Kommunikation zu übertragenden Informationen wie folgt gliedern:

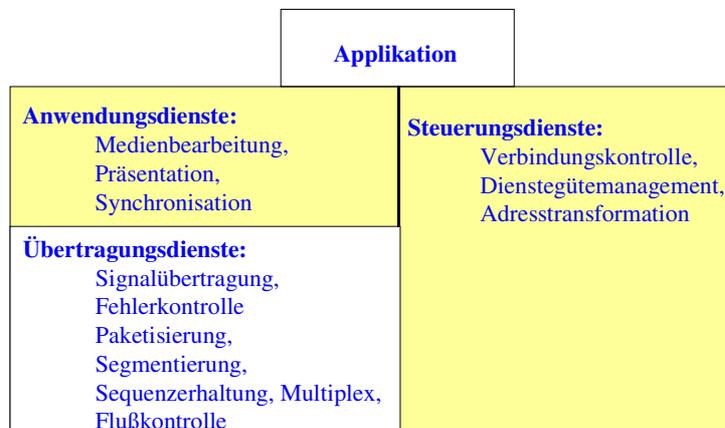
- Zeitdiskrete Medien (also Text, geometrische Modelle, Bilder usw.) und
- Datenströme bzw. zeitkontinuierliche Medien (also Audio-, Videoströme usw.).

In Abhängigkeit von diesen zu übertragenden Medien, sind eine Reihe von Diensten nötig, um die verschiedenen Modi der Kommunikation mit der Informations- und Kommunikationstechnik unterstützen zu können.

¹² IuK: Information und Kommunikation

2.4.1.1 Dienstklassifikation

In Anlehnung an das international genormte OSI-Schichtenmodell, können die Kommunikationsdienste in drei Hauptkategorien gegliedert werden: Übertragungsdienste, Steuerungsdienste und Anwendungsdienste. Übertragungsdienste bilden die technische Basis für



Dienstkategorien

Abbildung 3: Dienstkategorien und Funktionalitäten
nach [20], Froitzheim: S.13)

die Kommunikation. Sie benötigen Anpassungskomponenten in Form von Hardware (Netzkarten) und Systemsoftware (Treiber). Übertragungsdienste dienen im wesentlichen der Signalübertragung und der Leitungskodierung.

Steuerungsdienste übernehmen die Verbindungskontrolle, also die Steuerung der Kommunikationsbeziehung zwischen zwei Endpunkten.

Der Schwerpunkt bei der weiteren Betrachtung der Dienste liegt im Rahmen der Arbeit auf den Anwendungsdiensten. Diese gliedern sich in Konsumptive Dienste, Kooperative Dienste und Verzeichnisdienste.

Die Qualität aller Dienste wird wesentlich von der Art der Übertragung geprägt. Hier unterscheidet man prinzipiell in verbindungsorientierte und verbindungslose Übertragung. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden Dienstparadigmen liegt in der Bearbeitung der Adressinformation:

- Beim verbindungslosen Dienstparadigma (Datagramm) wird die Adressinformation jedem Datenpaket zugeordnet. In jedem Netzknoten wird diese Adressinformation benötigt und ausgewertet.
- Beim verbindungsorientierten Dienstparadigma wird die Adresse nur in der Aufbauphase der Verbindung bewertet und nicht während der Datenübertragung selbst

Anzumerken bleibt, dass mit der Einführung neuerer Dienste und Protokolle wie ATM¹³, IPv6¹⁴ eine Einordnung in die Dienstparadigmen verbindungslos bzw. verbindungsorientiert nicht mehr exakt möglich ist. Als Beispiel sei hier das RSVP¹⁵ genannt, das es dem Empfänger einer Nachricht erlaubt, entlang des Übertragungspfades Ressourcen reservieren zu lassen.

¹³ ATM: Asynchronous Transfer Mode

¹⁴ IP v6: Internetprotokoll Version 6

¹⁵ RSVP: Resource Reservation Protocol

2.4.1.2 Dienstgüte

Dienstgüte kann man unterschiedlich definieren. In der Praxis werden dazu sogenannte Dienstgüteniveaus definiert. Für die Anbietersicht ergibt sich beispielsweise, dass die meisten Internetdienste nach der „Best-Effort“ Dienstgüte definiert werden, demgegenüber die ISDN-Dienste nach statistischer bzw. garantierter Dienstgüte aufgesetzt werden.

Tabelle 5: Zusammenstellung der Dienstgüteniveaus
(siehe auch [20]: Froitzheim, S.113 ff)

DIENSTGÜTEN				
1	2	3	4	5
NUTZERSICHT		Erforderliche Dienstgüte	Akzeptable Dienstgüte	Gewünschte Dienstgüte
		Minimal nötige Dienstgüte zur techn. Machbarkeit		Obergrenze der Dienstgüte, die von Anwendung nutzbar ist.
ANBIETERSICHT	Best-effort Dienstg.	Bindende Dienstgüte	Statistische Dienstgüte	Garantierte Dienstgüte
	Versuch der bestmöglichen Leistungserbringung	Der Dienst versucht, die vereinbarten Parameter einzuhalten.	Dienst hat mit einer garantierten Wahrscheinlichkeit die vereinbarten Parameter einzuhalten	Der Dienst hat in jedem Fall die vereinbarten Parameter einzuhalten
	Keine Überwachung	Überwachung erfolgt	Keine Aussage zur Überwachung der Dienstgüte.	Überwachung der Dienstgüte erfolgt
	Keine Abschaltung bei unzureichenden Parametern	Dienst wird automatisch beendet, wenn die minimalen Parameter nicht eingehalten sind.		

Tabelle 6 stellt für verschiedene Bezugsebenen Kriterien zur Bewertung von Dienstgüte zusammen. Im Anhang ist diese Darstellung um quantitative Aussagen erweitert, so dass sich der Leser bei Bedarf einen Überblick zu Datendurchsatz- und Zuverlässigkeits-Anforderungen verschaffen kann.

Tabelle 6: Kriterien zur Bestimmung der Dienstgüte
(nach Froitzheim [20] S. 138)

Dienstgüte	Wert	Bezug	Gebräuchliche Bezeichnungen
1	2	3	4
Verfügbarkeit	Zeit [Prozent]	Dienst	Verfügbarkeit
Durchsatz	Min, Max [SDU ¹⁶]	Verbindung	Geschwindigkeit, Durchsatz
Mittlere Verzögerung	Min, Max [Zeit]	Verbindung	Mittlere Verzögerung, Laufzeit
Transaktionskenngrößen	Dauer, Datenmenge, Bitmuster	Verbindung	
Zuverlässigkeit	Fehleraktion, Bitfehlerrate	Dateneinheit	Paket- und Bitfehlerrate, Restfehlerwahrscheinlichkeit, Fehlerkontrolle
Wertfunktion	Relativer Wert [Zeit]	Dateneinheit	Verzögerungsschwankung, Verzögerung, Priorität

¹⁶ Service Data Unit

2.4.2 Anwendungsdienste

Durch die Einführung der Kategorie „Interaktion“ wird es möglich, dass in der Klassifikation einerseits die technisch möglichen Kommunikationstopologien (vgl. Pkt. 2.4.1) bzw. die noch zu erläuternden Organisationsformen betrachtet werden können.

Die sinnvolle, zweckgemäße Nutzung der Anwendungsdienste wird in hohem Maße vom Dienst-

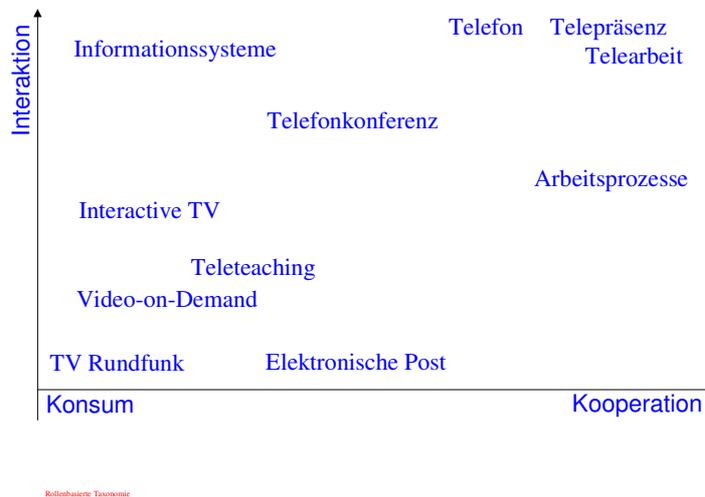


Abbildung 4: Rollenbasierte Taxonomie
(vgl. Froitzheim [20] S. 214)

güteparameter „Durchsatz“ mit bestimmt. Anders herum, ergibt sich ein benötigter Datendurchsatz einer Verbindung für einen Dienst aus seinen Nutzungsanforderungen. Es ist von entscheidender Bedeutung, ob ein Dienst nur konsumptiv oder interaktiv bzw. kooperativ genutzt wird. Bei konsumptiven Diensten wird eine Nachricht von einem Produzenten erzeugt und an mehrere Empfänger verteilt. Demgegenüber findet man bei kooperativen Diensten ein ausgewogenes Rollenverhältnis Sender / Empfänger an jeder teilnehmenden Stelle.

2.4.2.1 Konsumptive Dienste

Konsumptive Dienste werden in Verteildienste und interaktive Dienste unterschieden.

Klassische VERTEILDIENTE sind Fernseh- und Rundfunkverteildienste. Diese stehen nicht im Mittelpunkt der Betrachtungen in dieser Arbeit, ausgenommen der Betrachtungen zum Teleteaching innerhalb des Kapitel 6 . Im Sinne dieser Arbeit spielt die elektronische Dokumentenverteilung eine größere Rolle. Von der ITU¹⁷ liegen hier eine Reihe Normen vor, wie z.B.: Teltex, Telefax oder MHS¹⁸. Im Bereich der Mobiltelefondienste zählen zu konsumptiven Verteildiensten neuerdings auch: SMS¹⁹ und MMS²⁰-Dienste. Beispiele für konsumptive Verteildienste im Bereich des Internet sind: das Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) mit der Erweiterung Multipurpose Internet Mail Extension (MIME) sowie der USENET-Dienst – ein asynchrones, verteiltes Diskussionssystem. Das Prinzip und die Wirkungsweise dieser Dienste ist in zahlreichen Publikationen (vgl. z.B.: Conrads, [18], S.67 – S. 90) mehr oder weniger ausführlich beschrieben. Weiterführende Erläuterungen findet der interessierte Leser auch im Anhang.

¹⁷ ITU: International Telecommunications Union

¹⁸ MHS: Message Handling System

¹⁹ SMS: Short Message Service

²⁰ MMS: Multi Media Messaging Service

INTERAKTIVE DIENSTE ermöglichen eine Interaktion mit der Quelle der Nachricht. Die Interaktion ist verschiedenartig technisch realisiert. Teilweise ist der Rückkanal mit in den Verteildienst integriert, teilweise erfolgt die Steuerung der Nachrichtenquelle über einen weiteren Dienst, z.B. einen Übertragungsdienst. Der TELNET-Dienst ist ein klassischer Dienst im Bereich der interaktiven Dienste. Eine Beschreibung erfolgt mit dem Hinweis auf vorhandene Literatur in dieser Arbeit nicht (vgl. z.B.: Conrads, [18], S.67 – S. 90).

2.4.2.2 XML- basierte Informationssysteme

INFORMATIONSSYSTEME zeichnen sich nicht nur durch die Möglichkeit zur Interaktion aus, sondern die strukturiert abgelegten Daten vereinfachen die Interaktion mit dem System. Sie sind stark asymmetrisch, d.h. die Anfragen an das System sind meist sehr kurz; demgegenüber stehen die wesentlich umfangreicheren Datenmengen des Abfrageergebnisses. Benötigt man für Analyseaufgaben in Datenbanken oder Data Warehouses große Zeitspannen, so spricht man in von asynchronen Informationssystemen. In der seit einigen Jahren üblichen Form des WorldWideWeb (WWW) wird die Mustererkennungsfähigkeit des Nutzers mit einbezogen, also der Grad an Interaktivität erhöht, die Komplexität der Anfragen durch Dekomposition und damit die Antwortzeit auf (Teil)Anfragen verringert, so dass man hier von synchronen Informationssystemen spricht.

Die eXtensible Markup Language (XML) wurde 1998 von der W3C als Meta-Sprache für synchrone Informationssysteme eingeführt, die es erlauben, eigene Markup - Sprachdialekte selbst zu definieren. Das Merkmal der Erweiterbarkeit sowie die konsequent umgesetzte Trennung zwischen Beschreibung der inhaltlichen Strukturen und der Beschreibung der Darstellung sind wesentliche Vorteile gegenüber HTML. Letzteres war in HTML durch Nutzung sogenannter Cascading Style Sheets (CSS) möglich, jedoch nicht zwingend vorgeschrieben. XML kann zum einen die CSS - Beschreibungen verarbeiten, hat aber auch die Möglichkeit, sich der wesentlich

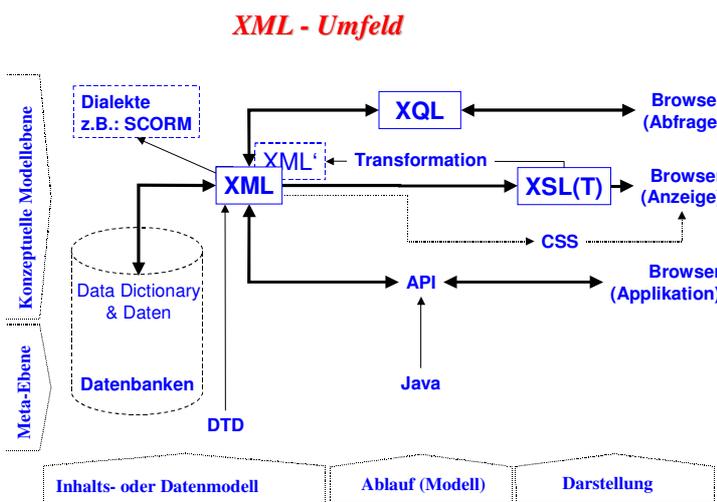


Abbildung 5: XML-Einordnung ins Umfeld

leistungsfähigeren eXtensible Style-sheet Language (XSL) zu bedienen. Zusätzlich zur Layout Beschreibung eines XML - Inhaltes stellt XSL gleichzeitig Transformationsregeln zur Verfügung, wie ein XML-Dokument in ein anderes Dokument umgewandelt werden kann. XML eignet sich in Kombination mit XSL(T) sehr gut als neutrales Basiswerkzeug zum Datenaustausch zwischen speziellen Applikationen. XML eignet sich außerdem sehr gut für die Zusammenarbeit mit Datenbanken. Zur direkten Abfrage von XML- Datenbeständen

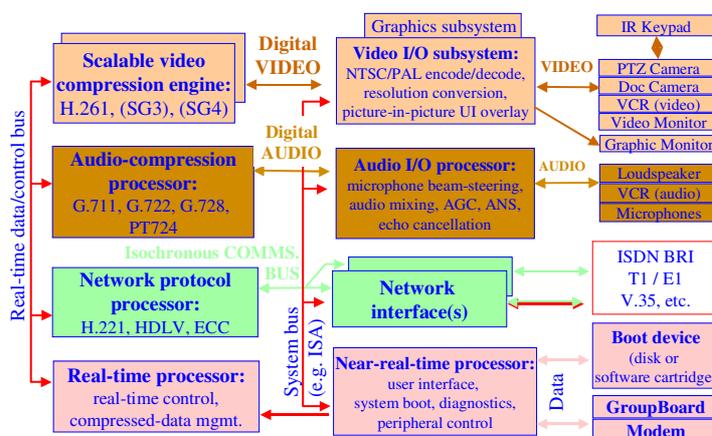
wurde ein Vorschlag für die sogenannte eXtensible Query Language (XQL) beim W3C-Consortium eingereicht. Zahlreiche Hersteller bieten sogenannte XML Developer Kits (XDK) an, die Werkzeuge zur Integration von Java-Programmcode enthalten.

2.4.3 Kooperative Dienste - synchrone Kommunikation und Kooperation

In Szenarien des Virtuellen Unternehmens im Bauwesen wird die synchrone Kommunikation und Kooperation infolge der örtlichen Verteilung eine zunehmende Rolle spielen. Deshalb sollen im folgenden Abschnitt kurz die existierenden Normungen und Vorgehensweisen zusammengefasst werden.

Die kooperativen Dienste werden oft auch als Telepräsenzdienste bezeichnet. Sie ermöglichen Kommunikation und Kooperation, ohne dass sich die Teilnehmer physisch an einem Ort aufhalten müssen. Monomediale Telepräsenzdienste sollen im Rahmen der Arbeit nicht erläutert werden, sondern es wird gleich auf das Zusammenspiel der verschiedenen Medien eingegangen. Umgangssprachlich wird dies häufig unter dem Begriff Videokonferenzsysteme zusammengefasst. In diese Systeme ist heute meist auch eine Komponente zur Unterstützung der Zusammenarbeit, wie z.B. zum application sharing, mit eingeschlossen. Kooperative Dienste zur synchronen Kommunikation und Kooperation sind beispielsweise:

- Audioübertragung
- Video- oder Bewegtbildübertragung
- verteilte Arbeitsbereiche (z.B. Whiteboard), gemeinsame Nutzung von Anwendungsprogrammen (einschließlich Telepointer und Readlining)
- Groupware, Computer Supported Cooperative Work (CSCW)



Common hardware architecture of VC-applications

Aus: PictureTel S.14

Abbildung 6: Prinzipielle Architektur eines Videokonferenzsystems

(nach [36]:PictureTel, S. 14)

Entsprechend dem zeitlichen Aspekt zur Charakterisierung der Kommunikation und Kooperation werden ausgewählte verfügbare Systeme von Diensten nun erläutert.

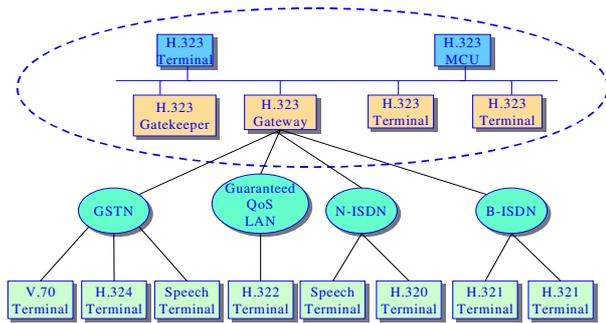
Abbildung 6 stellt die Architektur und einzelnen Komponenten einer multimedialen Kommunikations- und Kooperationsumgebung dar. Im wesentlichen handelt es sich um das Zusammenspiel von Bild-, Ton- und Datenübertragung innerhalb von Netzwerken unter Einsatz von Komprimier- und Signalisierungsmechanismen.

Abbildung 7 gibt eine Übersicht, wie in den einzelnen Multimediastandards Normen für die Übertragung der einzelnen Medien in Abhängigkeit vom Übertragungsmedium zusammengefasst sind. Abbildung 8 gibt noch einmal einen anschaulichen Überblick zur Einbindung einer sogenannten Multi Conferencing Unit (MCU) und der Multiprotokollfähigkeit eines eingebundenen benötigten Gateways. MCU's ermöglichen den Zusammenschluss von mehr als zwei Teilnehmern zu einer wirklichen Konferenz.

	Network	Video	Audio	Multiplex	Control	Multi-point Control
H.320 (05/99)	ISDN	H.261 H.263	G.711 G.722/728	H.221	H.243 H.230	H.231
H.321 (02/98)	ATM B-ISDN	Adapts H.320 to ATM/B-ISDN network				
H.322 (03/96)	LAN	Adapts H.320 to IsoEthernet network				
H.323 (11/00)	packet based	H.261 H.263	G.711 G.722,723 G.728,729	H.225.0	H.245 H.235	H.332
H.324 (02/98)	Low bit rates	H.263	G.723.1	H.223	H.245	
H.310 (09/98)	ATM B-ISDN	H.262	MPEG.1	H.222	H.245	

ITU-T multimedia conferencing standards (basic modes)

In Anlehnung an Picture Tel S.149



Interoperability of H.323 terminals

Picture Tel S. 151

Abbildung 7: Multimedia-Standards

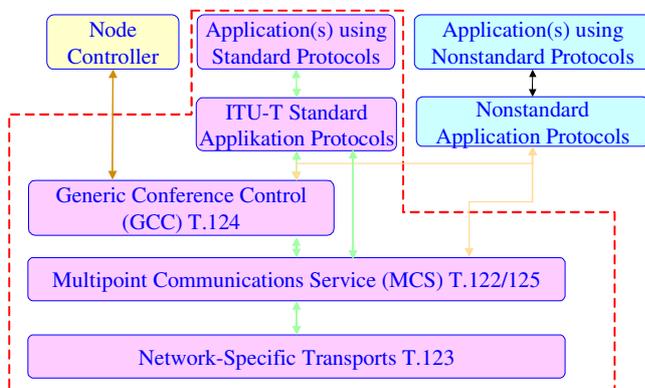
Abbildung 8: Architektur mit MCU

(vgl. [36]: PictureTel, S.149 und S. 151)

Die Übertragung von Bewegtbildern und Ton mittels Telepräsenzdiensten sind nur in wenigen Fällen wirklich ausreichend, um die Kommunikation aber insbesondere die Kooperation an einem gemeinsamen Ort durch computergestützte Medien vollständig ersetzen zu können.

Dafür ist es nötig, auch gemeinsam am Computer arbeiten zu können. Hier können zwei Entwicklungsrichtungen verfolgt werden. Anfangs wurde versucht, besondere Anwendungen zu schreiben, wie z.B. verteilte, elektronische Tafeln oder Spezialanwendungen zur Kommentierung von Technischen Zeichnungen oder Röntgenbildern. Die Nutzerakzeptanz für diese zusätzlich zu erlernenden Softwarewerkzeuge mit teilweise geringerer Funktionalität gegenüber den schon

existierenden Softwarepaketen wie CAD, Textverarbeitung oder Tabellenkalkulation war gering. Deshalb ging man in den letzten Jahren dazu über, die Entwicklung auf den Bereich des application sharing zu fokussieren, d.h. die gemeinsame Nutzung bereits existierender Anwendungen zu ermöglichen. Das in Abbildung 9 dargestellte Datenkommunikationsprotokoll T.120 beschreibt eine mögliche Architektur zur gemeinsamen Nutzung von Anwendungen in Kommunikations- und Kooperationssystemen.



T.120 data conferencing model

03/02/98

Picture Tel S.98

Abbildung 9: T.120 Datenaustausch

2.5 Ausgewählte Methoden der Prozessmodellierung

Bisher wurde die Modellbildung und –definition beschrieben. Eingeordnet in den großen Kontext der Kybernetik wurden Mustersprachen als ein weit verbreitetes Mittel zur Beschreibung von Lösungsstrategien dargestellt. Die Muster bildeten dabei die einzelnen miteinander in Beziehung stehenden Elemente der Sprache. Wichtigster Inhalt der Sprachelemente sind die sogenannten Problem - Lösungspaare, die durch eine Kontextbeschreibung ergänzt werden. Die Sprache liefert die Ordnungs- und Klassifikationsprinzipien nach denen die einzelnen Muster in einem System zusammengestellt werden können. Abstrakt beschriebene Modelle werden mit technischen Mitteln umgesetzt; z.B. als Informations- und Kommunikationssysteme. Im vorangegangenen Abschnitt wurde gezeigt, dass eine Vielzahl von Diensten technisch machbar und (zumindest in den sogenannten Industrienationen) auch verfügbar sind.

Im folgenden Kapitel sollen nun ausgewählte Modellierungsmethoden zur Informations- und Prozessmodellierung und ihre Notationen dargestellt werden, mit denen sich die bisher erarbeiteten Lösungsstrategien anwenden und darstellen lassen. Der Autor erhebt bei weitem nicht den Anspruch auf eine umfassende und detaillierte Darstellung, sondern ist bemüht durch eine Vorauswahl zielgerichtet nur einige Methoden und Werkzeuge zu erläutern.

2.5.1 IDEF Methoden

Die IDEF-Methode ist von ICAM zur Modellierung von Aktivitäten entwickelt worden. IDEF steht für „*Integrated DEFinition methods*“. Es sind verschiedene IDEF - Methoden zu unterscheiden²¹, von denen hier nur eine näher betrachtet werden soll – nämlich IDEF-0. Mit Hilfe der IDEF 0-Methode kann man abstrakt modellieren, WAS in einer Prozesskette abläuft, ohne sich um das WIE kümmern zu müssen. Dieses Merkmal liefert den wichtigsten Anknüpfungspunkt zu den oben beschriebenen Mustersprachen.

IDEF-0 repräsentiert die höchste Abstraktionsebene und beschränkt sich auf die Funktionsmodellierung. Sie erlaubt die Darstellung von Aktivitäten und deren Abhängigkeiten in einem existierenden oder geplanten System. IDEF-0 beinhaltet eine Strategie zum Entwurf eines Modells, eine Sprache zur Modellbeschreibung und eine Notation zur graphischen Darstellung. Ein besonderes Merkmal der IDEF-Modellierung ist das Unterdrücken der Dimension „Zeit“. Die in IDEF benutzten graphischen Modelle erleichtern die qualitative Analyse. IDEF-0 hat folgenden Funktionsumfang:

- Zusammenstellung von Funktionen, die zur Ausführung eines Prozesses benötigt werden,
- Modellierung von Abhängigkeiten, nicht von Schritten,
- Identifizierung von Kernaktivitäten und
- Identifizierung von redundanten Aktivitäten.

²¹ Eine Übersicht zu weiteren Teilen von IDEF gibt der Anhang.

Die IDEF-0 Notation umfasst Graphiken (oder Diagramme) und Text (Glossar und beschreibende Abschnitte). Die Diagramme können benutzt werden, um Funktionen in mehrere Teile zur Fokussierung und Handhabbarkeit zu zerlegen. Aus einer CALS²²-Perspektive ist das IDEF-0-Modell besonders geeignet für die Analyse von Lebenszyklus-Funktionen. Die Diagramme eines IDEF-0-Modells bestehen aus den Komponenten: (1) Input, (2) Output, (3) Steuerung, (4) Mechanismen.

Input oder Eingangswerte können beispielsweise Daten, Informationen oder reale Objekte sein, die für den Ablauf der Funktion benötigt werden bzw., die von der Funktion verändert werden. Output oder das Ergebnis einer Aktivität oder Funktion können wiederum Daten oder Objekte sein.

Controls oder Parameter sind Informationen oder Objekte, welche die Ausführung oder Erfüllung einer bestimmten Funktion steuern oder beeinflussen. Der Begriff Mechanismus wird benutzt, um Ressourcen oder Algorithmen zur Ausführung der Funktion näher zu spezifizieren. Die Instanzen von Input, Output, Controls und Mechanisms werden i.d.R. durch Nomina gebildet.

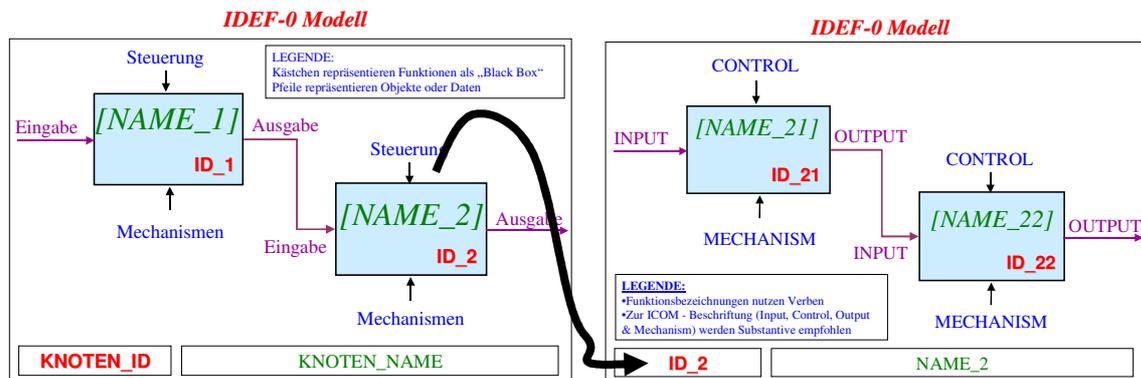


Abbildung 10: Inhalt eines Diagramms in IDEF-0 Notation und funktionale Dekomposition

2.5.1.1 Anwendung zum Ressourcenmanagement

Die IDEF-0 innewohnende Funktionalität zur hierarchischen, layerartigen Strukturierung unterstützt ein grundlegendes Muster zur Entwicklung von Softwarearchitekturen nach ([16]: Buschmann). Man ist in der Lage, Kernprozesse eines Unternehmens ebenso zu beschreiben wie angelagerte Serviceprozesse. Es gelingt ebenfalls sehr gut, Zusammenschlüsse mehrerer rechtlich selbstständiger Unternehmen zu einem sogenannten virtuellen Unternehmen in ihren verschiedenen nötigen Detaillierungsgraden abzubilden.

IDEF 0 kann auch benutzt werden, um Herstellungsprozesse von Baustoffen und Baukomponenten formal und auf unterschiedlichen Abstraktionsniveaus zu modellieren.

Analoges gilt für die Beschreibung von Prozessen der Wissensvermittlung und der Informationsaufbereitung.

²² CALS: Continuous Acquisition and Life Cycle Support

2.5.2 ARIS (Architektur Integrierter Informationssysteme)

ARIS basiert auf einem Integrationskonzept. Zentraler Punkt ist die ganzheitliche Betrachtung von Unternehmensprozessen. Mittels isolierender Abstraktion (vgl. Pkt. 2.1 – Modellierungsmethoden) lassen sich eine Reihe von Teilaspekten wie die Ablaufstruktur, die Ablauforganisation, Daten, erstellte Leistungen sowie Leistungen der Produktion und Datenverarbeitung berücksichtigen.

Das ARIS Konzept wird von einem allgemeinen Geschäftsprozess ausgehend entwickelt. In ihm werden methodische Abhängigkeiten durch eine methodenneutrale Entwicklung vermieden. ARIS wurde an der Universität Saarbrücken entwickelt und beinhaltet sowohl Werkzeuge als auch Methoden zur Prozessmodellierung.

ARIS wurde hauptsächlich für die fertigende Industrie entwickelt. Innerhalb stationärer Produktionsbetriebe ist die Entwicklung von Modellen und Methoden zur Unterstützung kooperierender Informationsverarbeitungsprozesse wesentlich weiter fortgeschritten als im Bauwesen ([42], Wiedemann: S.136/137).

Die Modellierung von Bauwerken ist momentan Gegenstand intensiver Forschungsbemühungen. Einen Überblick über die Methoden zur strategischen Geschäftsprozessgestaltung stationärer Produktionsbetriebe ist in ([26], Kappel et al.) zu finden. Die Gestaltung von Informationsprozessen im Bauwesen kann nicht direkt mit der in stationären Produktionsbetrieben verglichen werden, da das Bauwesen einige Besonderheiten aufweist. Jedoch ist die prinzipielle Methodik von ARIS als Grundlage für Analogiebetrachtungen geeignet.

Im Gegensatz zu IDEF handelt es sich bei ARIS um eine Entwicklung neueren Datums. ARIS ist offener gestaltet, die Trennung in die einzelnen Teilsichten ist besser ausgearbeitet und darstellbar als in ARIS. Deshalb wird für den Bereich der Geschäftsprozessmodellierung ARIS gegenüber IDEF bevorzugt. Für eine Modellierung komplexer Systeme auf eher abstrakten Ebenen ist IDEF hingegen besser geeignet.

2.5.2.1 ARIS – Prinzipieller Aufbau

Für die Gestaltung von Management- und Informationssystemen des Bauwesens ist die Beschreibung aller Informationsbeziehungen und –strukturen über alle Phasen des Bauwerkslebenszyklus hinweg eine notwendige Bedingung.

Im Mittelpunkt des ARIS-Modelles steht die sogenannte Vorgangskette, die aus einzelnen Vorgängen zusammengesetzt ist. Die wesentlichen Elemente der Vorgangskette sind:

- (1) Vorgang oder Funktion,
- (2) Ereignis und Zustand,
- (3) Bearbeiter und Organisationseinheit,
- (4) Informationen und
- (5) Leistungen.

Abbildung 14 liefert eine exemplarische Darstellung des Fachkonzeptes anhand einer Grobdarstellung eines Planungszyklus im Hochbau.

Um die Komplexität der Beziehungen zwischen diesen einzelnen Elementen zueinander zu reduzieren, wird der Gesamtzusammenhang in einzelne Sichten zerlegt und diese weitgehend unabhängig voneinander bearbeitet. Die Voraussetzung dafür ist, dass die Beziehungen innerhalb der Sichten sehr hoch sind und die Beziehungen zwischen den Sichten relativ einfach und lose gekoppelt sind. Die einzelnen Sichten sind (1) Organisationsicht, (2) Datensicht, (3) Funktionsicht, (4) Steuerungssicht, (5) Leistungssicht (vgl. Abbildung 11).

Die Leistungen sind bei der Betrachtung eines Geschäftsprozesses nur insoweit von Bedeutung, als dass sie die Rahmenbedingungen für die Beschreibung der anderen Sichten bilden. Aus diesem Grunde wird die Ressourcensicht durch das Life – Cycle - Konzept der Beschreibungsebenen aufgelöst, d.h., die Elemente der Leistungssicht werden auf den Beschreibungsebenen des DV-Konzeptes und der Implementierung der einzelnen Sichten behandelt.

Die Beschreibungsebenen definieren innerhalb der Sichten unterschiedliche Detaillierungsgrade:

Fachkonzept: Darstellung in stark formalisierter Beschreibungssprache. Im Fachkonzept kommen Darstellungselemente wie Vorgang, Ereignis, Zustand etc. zur Anwendung. Häufig wird das Fachkonzept auch als semantisches Modell oder Meta-Modell bezeichnet.

DV-Konzept: Diese Ebene stellt eine Anpassung der Fachbeschreibung an die generellen Beschreibungselemente der Informationstechnik dar. Anstelle der fachlichen Funktionen werden ausführende Modelle oder Transaktionen definiert.

Implementierung: Auf dieser Ebene wird das DV-Konzept auf konkrete hardware- und softwaretechnische Komponenten übertragen

Insgesamt ergeben sich also 15 Betrachtungsfelder der ARIS Architektur.

Tabelle 7: Übersicht über die verfügbaren Modelle der ARIS-Architektur

ARIS Sicht	ARIS Modell	Hinterlegtes Modell
Organisation	Organigramm	Organigramm
Daten	ER-Modell	Attributzuordnungsdiagramm
Steuerung	eEPK	Funktionsbaum, Attributzuordnungsdiagramm
Funktionen	Funktionsbaum	Funktionsbaum

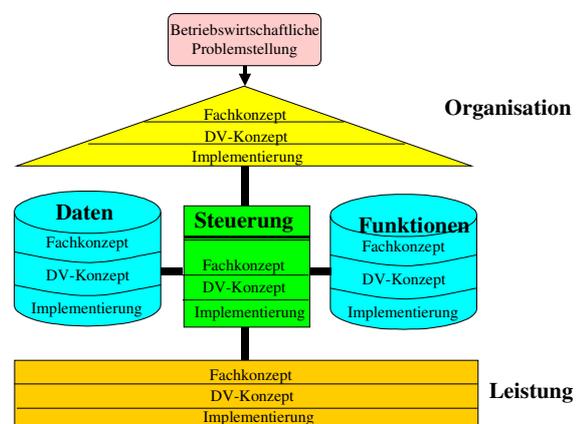


Abbildung 11: ARIS-Architektur

[nach Scheer]

2.5.2.2 Modellierung mit ARIS

Im folgenden Abschnitt erfolgt eine übersichtsartige Darstellung der Geschäftsprozessmodellierung nach ARIS in der Fachkonzeptebene. Eine ausführlichere Darstellung der Notation sowie der Vorgehensweise ist im Anhang zusammengestellt oder kann der Literatur entnommen werden (vgl. dazu: [37], [38], [39]: alle Scheer)

Beispiel einer Organisationsstruktur

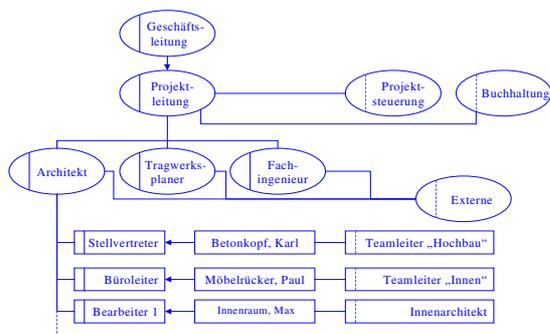


Abbildung 12: Organigramm mit Objekttypen

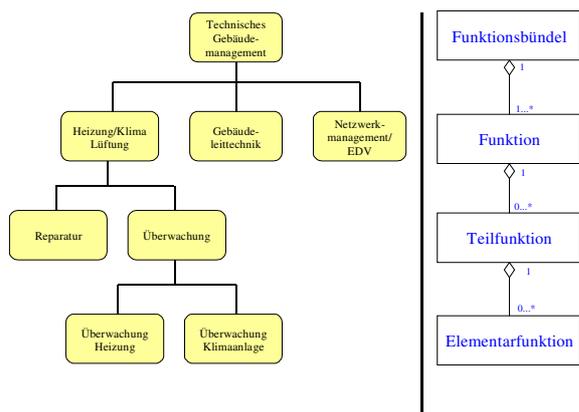


Abbildung 13: Funktionsbaum, UML-Hierarchie (in Anlehnung an ARIS)

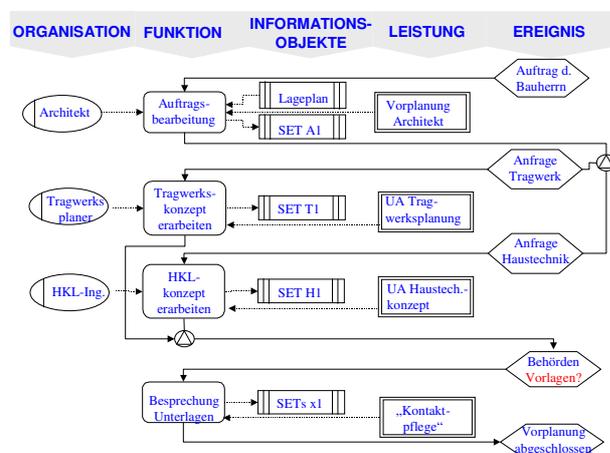


Abbildung 14: Vorgangskettendiagramm (Layer oder Schichten)

In der Organisationssicht werden die Organisationseinheiten, die zugehörigen Mitarbeiter und der zugehörige Mitarbeitertyp sowie deren Strukturen modelliert. ARIS bietet die Möglichkeiten folgender Gliederungen innerhalb der Organisationssicht: (1) Funktionale Gliederung, (2) Örtliche Gliederung, (3) Produktorientierte Gliederung, (4) Kombinierte Gliederung. Zwischen den Organisationseinheiten können verschiedene Unterstellungsverhältnisse bestehen.

Die Funktionssicht beschreibt Funktionen (Vorgänge) und deren Zusammenhänge untereinander. Die Darstellung erfolgt in sogenannten Funktionsbäumen oder Hierarchiediagrammen. Die Klassifikation kann nach verschiedenen Kriterien erfolgen: objektorientiert, verrichtungsorientiert oder prozessorientiert. Der Begriff Funktion kann in Abhängigkeit vom Detaillierungsgrad gegliedert werden in: Funktionsbündel, Funktion, Teilfunktion und Elementarfunktion. Abbildung 13 zeigt ein Beispiel und eine UML-Notation für die Klassifizierung.

Bei der Modellierung der Datensicht bedient man sich etablierter Methoden, Werkzeuge und grafischer Notationen.

Als Synthese von Organisations-, Funktions- und Datensicht wird die Steuerungssicht eingeführt. Die Synthese erfolgt schrittweise, indem paarweise Beziehungen zwischen den Teilsichten definiert werden. Die systematische, vollständige Prozessbeschreibung der Steuerungssicht erfolgt entweder in einer erweiterten Ereignisprozesskette (eEPK) oder in einem Vorgangskettendiagramm.

2.6 Mehrdimensionales Informationsmanagement

In den vergangenen Jahrzehnten wurden in Wirtschaft und Verwaltung enorme Summen in die Beschaffung von Hard- und Software investiert. Viele dieser Informationssysteme haben dazu beigetragen, dass Tätigkeiten schneller, preiswerter und nutzerfreundlicher (sowohl für Kunden als auch für Mitarbeiter) ausgeführt werden konnten. Während der langjährigen Nutzung von DV-Systemen wurde mit der Prozessbearbeitung quasi automatisch eine Datenerfassung und Archivierung mit vorgenommen. War die Archivierung und das Management von Daten anfangs nur ein Kostenfaktor im Unternehmen, so wird man sich heute der Bedeutung dieser Daten als enormes Potential im Unternehmen bewusst. Grundvoraussetzung um dieses Kapital nutzen zu können ist jedoch, dass sich Unternehmen diese Daten gezielt erschließen können. .

Daten nutzen zu können heißt, sie zu strukturieren und verschiedene Betrachtungsweisen eines Datenbestandes zuzulassen. Erst dann werden Daten zu Informationen. In einem weiteren Schritt muss es auch möglich sein, diese Informationen zu verdichten und untereinander in Beziehung zu setzen, somit entsteht eine Wissensbasis - kurz Wissen. In diesem Abschnitt werden Methoden und Techniken des Informationsmanagements vorgestellt. Die Grenze zwischen Verwaltung und Management von Daten, Informationen und Wissen wird zunehmend verwischt. Am Beispiel der Data Warehouse Technologie soll dies kurz erläutert werden.

Zur Zeit sind sehr viele Publikationen zum Thema Data Warehouse am Markt verfügbar. Daraus resultieren eine Vielzahl von Definitionen. Eine allgemeingültige Definition ist die in [5], Anahory, S. 19] gegebene: „... *ein Data Warehouse*“ *...(ist)...* „*nicht mehr als eine Sammlung von Schlüsselinformationen, die verwendet werden, um eine Firma auf die profitabelste Art und Weise zu verwalten und führen zu können.*“

Zu den Bestandteilen eines Data Warehouse aus Datensicht gehören:

- Fakten(daten),
- Aggregations- und Dimensionsdaten
- Metadaten
- Verwaltungsprozesse wie Einfüge-, Abfrageoperationen, Managementoperationen

2.6.1 Nutzungspotentiale im Bauwesen

Im Bauwesen ist die Data Warehouse Technologie nur gering oder nicht verbreitet. In den bekannten Anwendungsfällen dominierten bisher betriebswirtschaftliche Nutzungen. Dies spiegelt jedoch nicht das Potential wider, dass in dieser neuartigen Technologie steckt. Gerade zur Verwaltung der umfangreichen Datenbestände zum Management der unterschiedlichen im Bauwesen benutzten Ressourcen eignet sich der Ansatz zur mehrdimensionalen Datenverwaltung in hervorragender Weise, da er es einerseits ermöglicht, komplex vernetzte Daten in sehr feiner Granularität zu verwalten und es andererseits möglich, verschiedene Betrachtungsweisen auf diesen komplexen Teildatenbestand zu modellieren und darzustellen. Die Data Warehouse Technologie unterstützt weiterhin die Analyse vorhandener Daten und trägt so dazu bei, Bautechnologien zu bewerten und Schlussfolgerungen für nötige Verbesserungen von Bautechniken ziehen zu können.

2.6.2 Data Warehouse – AUFBAU

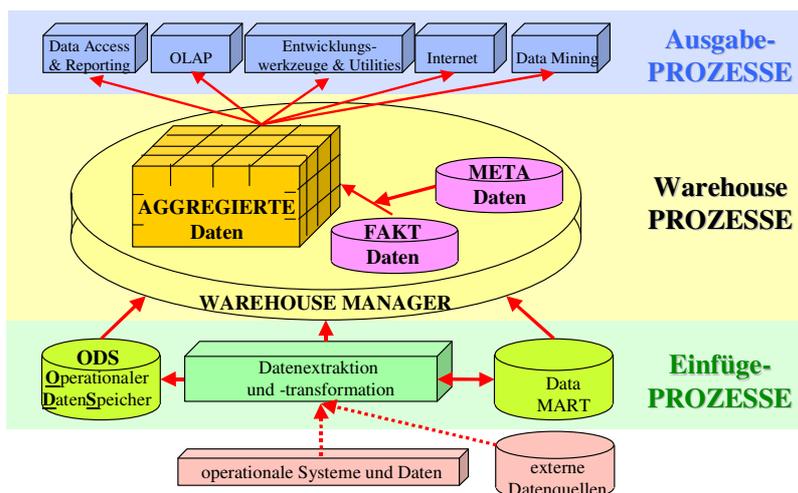
Der unterschiedliche Aufbau von Datenbanken und Data Warehouses liegt in den verschiedenen Nutzer- bzw. Anwenderprofilen begründet. Data Warehouses dienen vorrangig der Entscheidungsunterstützung, also einer gezielten Datenauswertung. Die Auswertung kann sehr vielschichtig und komplex sein und muss unterschiedlichsten, nicht vorher bestimmbareren Fragestellungen gerecht werden können. Zur Auswertung werden Quelldaten aus Datenbankmanagementsystemen in Data-Warehouses eingelesen.

Diese Daten werden dann im Data-Warehouse entsprechend vorhandenen Anfrageprofilen neu strukturiert. Anfragen der Nutzer werden überwacht, um verschiedene Anfrageprofile erkennen zu können und durch die Aufbereitung des Datenbestandes die Abfragegeschwindigkeit erhöhen zu können. Verändern sich die Anfrageprofile, sind nicht mehr benötigte Daten auszulagern, also auf externen Datenträgern zu sichern. Es kann auch vorkommen, dass Daten verallgemeinert - also zusammengefasst - werden müssen. D.h. es müssen im System mehr Funktionalitäten zur Datenverarbeitung zur Verfügung gestellt werden.

Diese Funktionalitäten werden durch sogenannte Manager realisiert, die einzelne Funktionalitäten bzw. Prozesse ausführen. Um Missverständnisse auszuschließen, sei hier noch einmal darauf verwiesen, dass Manager im folgenden als Synonym für Werkzeuge steht, die Prozesse unterstützen - und nicht für Personen.

2.6.3 Prozesse im Data Warehouse

Im folgenden werden diese einzelnen Management-Prozesse erläutert. Um den Informationsfluss, Pflege und Persistenz der Daten im Data Warehouse sicherzustellen, unterscheidet man:



- Einfüge-Manager,
- Abfrage-Manager sowie
- Warehouse-Manager mit
 - System- & Datenbank-Manager
 - Ereignis-Manager
 - Planungs-Manager
 - Konfigurations-Manager

Abbildung 15: Architektur eines Data Warehouse

Der **Einfüge - Manager** ist für die Zusammenarbeit mit den Datenquellen, die Umwandlung von Daten und das Einfügen von Daten in das Data Warehouse zuständig.

Der **Warehouse - Manager** übernimmt die Datenpflege, die Überwachung bzw. Optimierung der Leistung des Data Warehouse, die Verwaltung der Meta Daten und die Archivierung der Daten.

Zur Datenpflege innerhalb des Data Warehouse zählen das Erstellen von Tabellen, Indizes oder anderer Objekte, das Verschieben von Daten beziehungsweise die Erstellung von Aggregationen. Der Warehouse Manager muss Meta Daten erzeugen bzw. aktualisieren, wenn neue Daten eingefügt werden, aktuelle Daten bewegt werden oder aggregiert werden sowie wenn alte Daten archiviert werden. Diese Informationen werden dem Abfrage - Manager zur optimalen Darstellung von Abfrageprofilen zur Verfügung gestellt.

Der **Abfrage - Manager** bildet die Schnittstelle zum Benutzer , indem er die Anforderungen der Benutzer aufnimmt und diese im Hintergrund in Abfragen auf geeignete Daten umwandelt. Dazu werden die Meta Daten benutzt bzw. generiert.

System- und Datenbank - Manager bestehen in der Regel aus zwei getrennten Software - Einheiten. Da beide Einheiten eingesetzt werden, bestimmte Administrations- Prozesse zu automatisieren und andere zu vereinfachen, werden sie hier gemeinsam erläutert. Folgende Funktionalitäten sind zu erbringen:

- Hinzufügen und Entfernen von Anwendern und Kennwörtern
- Management der Anwender - Accounts
- Verwaltung des Datenbank- und Systemspeicherplatzes
- Verwalten von Zusammenfassungs- oder temporären Tabellen

Der **Ereignis - Manager** durchsucht regelmäßig und automatisch Fehler- und Suchprotokoll-dateien. Alte Protokoll- und Suchdateien werden bereinigt.

Der **Planungs - Manager** übernimmt quasi eine „Vermittlerrolle“ zwischen den Systemprozessen und den Warehouseprozessen. Er steuert und überwacht die Abarbeitung der einzelnen Datenverarbeitungsprozesse (jobs) zum Einfügen, Umwandeln, Indizieren, Aggregieren, Transportieren und Sichern von Daten. Zusätzlich wird die Verarbeitung der Anfragen und die Zusammenstellung der Berichte geplant.

Der **Konfigurations - Manager** übernimmt die Verwaltung der Hardware Ressourcen. Diese Funktionalitäten sind nicht von Bedeutung für die weiteren Überlegungen im Rahmen dieser Arbeit und werden deshalb hier nicht detailliert erläutert.

2.6.4 Data Warehouse - ENTWURF

Bisher erfolgte die Datenverwaltung meist in sogenannten operationalen Systemen. Diese haben einzelne Geschäftsprozesse abgebildet und unterstützt. Demgegenüber sollen Multidimensionale Datenmanagementsysteme sich wechselnden Anforderungen anpassen können. Das heißt, Data Warehouse - Lösungen sind keine statischen, einmal implementierten Lösungen. Daraus folgt, dass der Entwurf des zugrunde liegenden Schemas so angelegt sein muss, dass er verändert werden kann. Veränderungen betreffen in erster Linie nicht den Informationsinhalt eines Data Warehouse, sondern die Gestaltung der Abfragen, d.h. die gezielte Zusammenstellung von Informationsinhalten.

Ein Data Warehouse Entwurf kann in Anlehnung an ([5]Anahory, S. 28ff.) in die Schritte

- Anforderungsanalyse
- Entwurf
- Erste Implementierungsschritte
- Erweiterung des zeitlichen Datenumfangs
- Ad-hoc Abfragewerkzeugentwicklung
- Automatisierung
- Erweiterung des inhaltlichen Datenumfangs

gegliedert werden. Aus der Zusammenstellung geht hervor, dass sich der Softwarelebenszyklus eines Data-Warehouse wesentlich von den bisher bekannten klassischen Entwurfszyklen unterscheidet, wie sie in der Literatur zu finden sind. Ein Data Warehouse entwickelt sich also weder nach dem klassischen Wasserfallmodell noch nach einem zyklischen Modell. Man könnte sagen, es wächst modular und zyklisch.

Die oben genannten Schritte werden im Anhang genauer spezifiziert.

2.6.4.1 Schemen-Typen

Data Warehouse Informationsinhalte werden in zwei Kategorien eingeordnet: Zustandsdaten und Referenzdaten vorgenommen. Man definiert Zustandsdaten als Ergebnis von Ereignissen. Die Annahme ist wahrscheinlich, dass sich diese Daten nicht mehr verändern werden. Diese Zustandsdaten werden in sogenannten Fakt-Tabellen gruppiert.

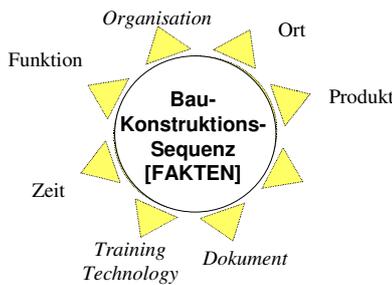
Referenzdaten hingegen sind Änderungen unterworfen, können modifiziert werden und sind in Dimensionstabellen abgelegt. Die Definition von Beziehungen oder Querverbindungen zwischen Zustandsdaten und Referenzdaten ermöglicht die Analyse der Zustandsdaten nach unterschiedlichen Gesichtspunkten.

Man unterscheidet drei Schemata - Typen:

- das Star-Schema (Sternschema)
- das Snowflake-Schema und
- das Starflake-Schema.

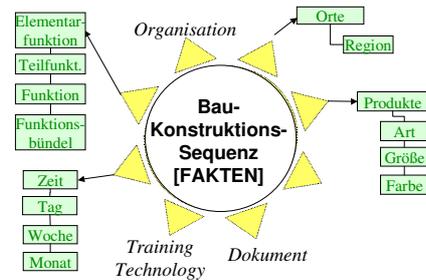
Das Star-Schema ist eine logische Datenstruktur, bei der eine Fakt-Tabelle im Zentrum des Schemas steht. Um diese Fakt-Tabelle herum sind Dimensionstabellen gruppiert. Die Fakt-Tabelle ist in ihrem Umfang wesentlich größer als die Dimensionstabellen.

Das Snowflake - Schema ist eine Sonderform des Star-Schemas. Dabei kann jede Dimension in weitere Teildimensionen zerlegt werden.



Star-Dimensionsdaten

Star - Schema



Star-Dimensionsdaten
Snowflake-Dimensionsdaten

Snowflake - Schema

Abbildung 16: Beispiel Star-Schema

Abbildung 17: Beispiel Starflake-Schema

Das Starflake - Schema ist eine Kombination aus denormalisierten Star- und normalisierten Snowflake - Schemen. Sie lassen im Interesse einer effektiven Anfragebearbeitung ein begrenztes Maß an Überschneidung zwischen Dimensionen zu. Überschneidungen sind zulässig wenn:

- die sich überschneidenden Entities relativ klein sind,
- Entities klar definierte Einheiten sind, die ein Informationsbedürfnis abdecken.

Erfahrungen haben gezeigt, dass sich nach der Inbetriebnahme eines Data - Warehouse die Überschneidungen verringern, da das Monitoring des Nutzerverhaltens zu einem besseren Problemverständnis und somit zu einer verbesserten Datenstruktur führt.

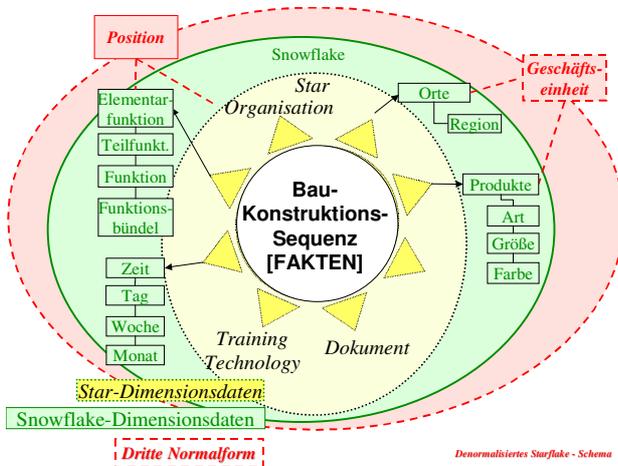


Abbildung 18: Denormalisiertes Starflake - Schema

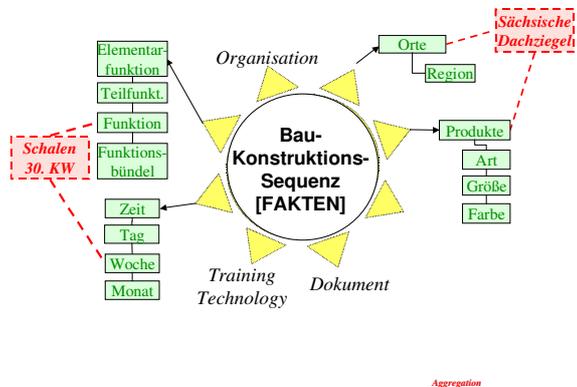


Abbildung 19: Aggregation von Daten

2.6.4.2 *Fakten und deren Dimensionen*

Fakten werden nach folgenden Regeln von Dimensionsdaten unterschieden:

- (1) Definition grundlegender Aktivitäten in einem Ablauf
Grundlegende Aktivitäten sind in der Regel atomare Einheiten einer Aktivitätenkette.
- (2) Bestimmen der Schlüsseldimensionen.
Die Bestimmung der Schlüsseldimensionen sollte so erfolgen, dass die Fakt-Tabelle im Mittelpunkt steht.
- (3) Prüfen, ob in Fakten keine Dimensionen sind.
Es sollte insbesondere darauf geachtet werden, dass keine Attribute definiert werden, die eigentlich eingebettete denormalisierte Zustandsbeschreibungen bzw. Gruppen von sich wiederholenden Fakt-Attributen sind.
- (4) Prüfen, ob in Dimensionsdaten keine Fakten enthalten sind.
Wenn sich die Werte einer Dimension noch aus anderen Dimensionen betrachten lassen, dann handelt es sich wahrscheinlich um Fakten.

Die Größe der Fakt-Tabelle ist zu optimieren, dass der Wert der darin enthaltenen Informationen nicht gemindert wird. Dies kann mit folgenden Techniken geschehen:

- Definition der relevanten Zeitabschnitte für die jeweiligen Funktionen
- Definition bzw. Überprüfung des Grades der Detaillierung
- Definition von notwendigen Spalten und minimalen Spalten-Größen
- Definition intelligenter und nichtintelligenter Schlüssel²³
- Partitionierung der Fakt-Tabelle

Das Partitionieren von Fakt-Tabellen wird unter Pkt. 2.6.4.3 und im Anhang näher erläutert.

Der Entwurf von Dimensionstabellen kann einfacher gestaltet werden, da diese weniger umfangreich sind und sich der Änderungsaufwand gering hält, solange die Primärschlüssel zu den Fakt-Tabellen nicht verändert werden.

Im Gegensatz zum „klassischen“ Datenbankdesign werden beim Data-Warehouse-Entwurf die Dimensionstabellen oftmals wieder denormalisiert. Diese Denormalisierung der Referenzinformationen soll zu einer verbesserten Abfragegeschwindigkeit führen. Dimensionstabellen stellen in der Regel eine bestimmte Sicht auf den Datenbestand dar, der für eine mögliche Art der Analyse zusammengestellt wurde.

Wie oben erwähnt, ist die Denormalisierung und die damit verbundene Erzeugung von Star-Dimensionen nur bei häufigem Zugriff sinnvoll. Dimensionen mit geringen Zugriffsraten bleiben im Snowflake Schema integriert und werden nicht denormalisiert. Im Falle hierarchischer oder netzwerkartiger Datenstrukturen sollte nur die am häufigsten erfragte Hierarchie denormalisiert werden.

²³ In der Welt der relationalen Datenbankmanagementsysteme (RDBMS) bezeichnet man Schlüssel die automatisch ohne Bezug zum Sachverhalt vom System generiert werden als nicht - intelligente Schlüssel, als intelligente Schlüssel diejenigen, die eine Bezeichnung für ein Element der realen Welt widerspiegeln.

2.6.4.3 Partitionen

Das Partitionieren von Fakt-Tabellen des Data Warehouse ist eine Technik zur Verbesserung der Handhabbarkeit und zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit des Data Warehouse. Bei der Partitionierung wird in die

- horizontale Partitionierung mit den Arten:
 - horizontale Partitionierung Segmente gleicher Größe
 - horizontale Partitionierung in Segmente unterschiedlicher Größe
 - horizontale Partitionierung nach Tabellengröße
 - horizontale Partitionierung nach Dimensionsdaten sowie die
- vertikale Partitionierung mit den Arten:
 - vertikale Partitionierung als Normalisierung und
 - vertikale Partitionierung als Reihenaufteilung unterschieden.

Auf Hardware-Partitionierung soll im Rahmen dieser Arbeit nicht eingegangen werden. Einige Erläuterungen finden sich in [5] S. 119 ff.

Die gebräuchlichste Form ist die horizontale Partitionierung in Zeitabschnitte gleicher Größe. Bei der Erstellung der Partitionen ist darauf zu achten, dass bei der Bemessung der Partitionsgröße der Zeitabschnitt mit der größten Anzahl von zu erwartenden Aktivitäten maßgebend ist.

2.6.4.4 Aggregationen - Zusammenfassungstabellen

Bei Aggregationen handelt es sich um Datenzusammenfassungen. Datenzusammenfassungen bedeutet in diesem Fall, dass die Operationen vor der Abfrage und nicht während einer Abfrage ausgeführt werden. Die Abfrage selbst wird auf einen bereits aggregierten Datenbestand ausgeführt. Aggregationen werden erstellt, um die Abfragegeschwindigkeit zu erhöhen oder den Prozess der Entscheidungsfindung zu erleichtern, indem sie die Übersichtlichkeit bzw. die Verständlichkeit verbessern. Der Aufwand zur Erstellung und Pflege von Algorithmen zur Aggregation von Daten muss im Verhältnis zum erzielten Leistungsgewinn stehen. Gleiches gilt für die totale Anzahl von implementierten Aggregationen in einem Data-Warehouse; wird diese zu groß, dann steigen mit großer Wahrscheinlichkeit die Betriebskosten überproportional zum erzielten Leistungsgewinn.

Prinzipiell stehen zwei Strategien zur Verfügung: die Dimensionssubsummierung oder die Dimensionsaggregation.

Bei der Dimensionssubsummierung wird die Struktur der ursprünglichen Fakt-Tabelle beibehalten. Die enthaltenen Fakten einer Spalte werden vollständig zusammengefasst. D.h. der Detaillierungsgrad der Fakten einer Spalte wird so verringert, dass die zur Zusammenfassung genutzten beschreibenden Attribute nicht mehr in die Tabelle aufgenommen werden müssen.

Bei der Dimensionsaggregation hingegen werden die Werte einer Dimension nicht vollständig in der Zusammenfassungstabelle subsummiert. Das Attribut zur Beschreibung der Zusammenfassung muss also in der Tabelle verbleiben. Diese Technik wird verwendet, wenn nur auf Teildatenbestände häufiger zugegriffen wird.

2.6.5 Data Warehouse – META DATEN

Meta Daten sind beschreibende Daten, das heißt, es sind Daten über andere Daten. Das Wort *meta* entstammt dem Griechischen und kann mit „neben“, „danach“ oder „unter“ übertragen werden. In einem Data-Warehouse werden Meta Daten zur Beschreibung folgender Funktionalitäten eingesetzt:

- (1) Datenumwandlung und Einfügeoperationen,
- (2) Datenverwaltung und
- (3) Abfrageoperationen.

Umwandlung bzw. Einfügen von Daten

Mit der Anzahl der Input-Datenquellen eines Data Warehouse, nimmt die Komplexität der Meta Daten zu. Komplexe Meta Daten entstehen auch dann, wenn der Unterschied zwischen der Datenstruktur des Quellensystems und der Datenstruktur des Data-Warehouse-Systems groß ist. Meta Daten über umzuwandelnde Daten werden angelegt und gespeichert, um Veränderungen der Quelldaten in den Meta Daten abfangen zu können. Umwandlungsprogramme können somit automatisch generiert bzw. regeneriert werden.

Der Anhang enthält eine genaue Spezifikation zu benötigten Meta-Informationen für Datenumwandlungen und Einfügeoperationen

Verwalten von Daten

Der Warehouse-Manager benötigt Meta Daten, um den Datenfluss verfolgen und überwachen zu können. Zusätzlich zu den im Data Dictionary einer Datenbank gespeicherten Informationen sind insbesondere Informationen mit Verweisen von redundanten Spalten, d.h. Spalten mit identischen Informationen in verschiedenen Tabellen, zu erstellen. Der Warehouse - Manager benötigt ebenfalls Meta Daten, um den Informationsfluss bei Aggregationen zu verfolgen und zu dokumentieren. Bei Abfragen muss ein Data Warehouse in der Lage sein, die optimale Quelle auszuwählen.

Der Anhang enthält eine genaue Spezifikation zu benötigten Meta-Informationen für die Datenverwaltung.

Überwachen von Abfrageprofilen

Meta Daten werden nicht nur zur Erstellung von Abfragen benötigt, sondern auch vom Abfragen-Manager erzeugt. Es handelt sich um Meta Daten mit Informationen zu Art und Häufigkeit der durchgeführten Abfragen. Um Überlappungen von Prozessen eindeutig ermitteln zu können, ist es nötig, Anfangs- und Endzeit von Abfragen und nicht nur die Laufzeit zu speichern.

Der Anhang enthält eine genaue Spezifikation zu benötigten Meta-Informationen für die Überwachung von Abfrageprofilen.

2.6.6 Data Marts

Um Untermengen von Daten eines Data Warehouse in einer anderen Datenbank oder an einem anderen Ort abspeichern zu können, werden Data Marts angelegt. Das Konzipieren und Implementieren von Data Marts ist ein Bestandteil der Pflege des Data Warehouse und wird in regelmäßigen Abständen wiederholt.

Data Marts dienen:

- der optimalen Strukturierung der Daten,
- der Partitionierung von Daten für Zugriffssteuerungsstrategien,
- der Segmentierung von Daten auf verschiedene Hardware Plattformen,
- der Eingrenzung der zu bearbeitenden Datenmenge und damit der Beschleunigung von Abfragen.

Da das Erstellen und Pflegen von Data Marts sehr kostenintensiv sein kann, sollten folgende Kriterien geprüft werden, um die Notwendigkeit eines Data Marts zu rechtfertigen. Im einzelnen sind dies:

- Besteht eine funktionale Trennung der Datenbestände?
- Besteht eine sachverhaltsbezogene Gliederung?
- Bestehen Zwänge, die sich aus dem Datenschutz ergeben?
- Bestehen infrastrukturelle Zwänge?
- Besteht die Notwendigkeit zur Optimierung für Zugriffswerkzeuge?

Die Anzahl der anzuwendenden Data Marts sollte stets in Übereinstimmung mit dem zur Verfügung stehenden Einfügefenster festgelegt werden. Die Festlegung der Zahl der notwendigen Data Marts hängt von den Netzwerkkapazitäten, der zu übertragenden Datenmenge und den benutzten Algorithmen zur Transformation ab.

Die funktionale Trennung kann im wesentlichen aus der Organisationsstruktur des Unternehmens oder des Unternehmensverbundes abgeleitet werden. Hierbei sollte beachtet werden, dass nachträglich eine Modifikation der Organisationsstruktur in die funktionale Gliederung eingearbeitet werden kann.

Aspekte des Datenschutzes können es nötig machen, einen Teildatenbestand physikalisch aus dem gesamten Datenbestand herauszulösen. Mit dem Einsatz eines Data Marts ist es damit möglich, sensible Daten mit Werkzeugen des Data Warehouse zu homogenisieren, sie anschließend in einen Data Mart zu überführen, die Daten anschließend im Data Warehouse zu löschen und damit vor dem allgemeinen Zugriff zu schützen.

3 Planungsprozesse und Wissensmanagement im Bauwesen

Ziel des dritten Kapitels ist es, den Zusammenhang zwischen Ablaufsteuerung und Informationsmanagement aufzuzeigen. Geschäftsprozess- und Workflowmanagement- Systeme haben die Verwaltung der sogenannten „*human resources*“ zum Inhalt. Die Akteure nutzen, verändern und generieren Informationen in Prozessen. Sie benötigen stets den Zugriff auf strukturiert abgelegte und in einem bestimmten Kontext interpretierte Daten bzw. speichern neu erzeugte Daten. Es erfolgt also auch ein Management der Ressource Information bzw. Wissen.

Prozesse im Bauwesen sind nur zum Teil in formaler Form zu beschreiben. Deshalb bedarf es der Entwicklung von flexiblen Modellen und Werkzeugen zur Steuerung von Prozessen im Bauwesen. In diesen Modellen muss es einerseits möglich sein, wenig strukturierbare, kreative Entwurfs- und Planungsprozesse genauso abzubilden wie feingliedrige, formalisierbare Kalkulations-, Steuerungs-, Ausführungs- und Bewirtschaftungsprozesse.

Das in diesen Prozessen von den verschiedenen Akteuren benötigte und erzeugte Wissen ist nicht nur mit rein technischen Lösungen verwaltbar. Zum Wissensmanagement ist ein tiefes Verständnis der Wechselwirkung zwischen sozialen Handlungsmustern in Organisationen und technischen Lösungen nötig. Erst die Interpretation von Informationen in einem bestimmten Kontext durch einen Akteur macht Information zu wertvollem Wissen für ein Projekt oder eine Organisation. Technisch dominierte Lösungen zum Wissensmanagement sind zum Scheitern verurteilt.

Im zweiten Abschnitt des Kapitels, erfolgt die Aufarbeitung der Grundlagen des Workflow Management, also einer Methode und eines Werkzeuges zur Verwaltung und Steuerung formalisierbarer Aktivitäten.

Im dritten Abschnitt werden Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung wenig formalisierbarer Prozesse – nämlich Computer Supported Cooperative Work und Groupware Systeme – vorgestellt. Es erfolgt zusätzlich die Entwicklung eines Ansatzes wie eine Integration beider Methoden erfolgen kann.

Darauf aufbauend erfolgt im vierten Abschnitt die Entwicklung eines integrierten Modells zur Kooperationsmodellierung.

Im fünften Abschnitt des Kapitels werden Aspekte des Wissensmanagement betrachtet. Dies erfolgt aus Sicht der Integration mit der Ablaufsteuerung und einer dv-gerechten Unterstützung des Wissensmanagement innerhalb von Workflow Management und Computer Supported Cooperative Work.

Am Beispiel der Methode „Bauen nach Smart“, die von Baupraktikern in der Schweiz entwickelt wurde, werden die aufgestellten Thesen und Modelle kritisch überprüft.

3.1 Veränderte Märkte und „New Work“

Neue Branchen wie die Mikro-Elektronik, Bioinformatik und Gentechnologie, Werkstoffindustrie, Telekommunikation, Flugzeugbau, Computerindustrie oder die Bauinformatik geben verstärkt den Ton an. Sie sind weniger an bestimmte Standorte gebunden als traditionelle produzierende Unternehmen, können sich fast beliebig an jedem Ort ansiedeln. Die Unabhängigkeit von Rohstoffen lässt dies möglich werden. Jedoch besteht eine enorme Standortabhängigkeit in Bezug auf die „Human Resources“ und deren Arbeitsumfeld.

Ziel des Einsatzes neuer Informations- und Kommunikationstechnologien ist es, Mehrwert mit weniger Personen in kürzerer Zeit zu erwirtschaften. Erfolg im Wettbewerb bringt also nicht nur der optimierte Prozess an einem Unternehmensstandort, sondern der optimierte Projektdurchlauf bei Nutzung aller örtlich verteilten Ressourcen. Für diesen dynamischen Prozess reichen die bisher bekannten Organisations- und Führungsmodelle nicht mehr aus. Es müssen Arbeitsformen und Arbeitsumgebungen geschaffen werden, die die Kreativität und Einsatzbereitschaft der Mitarbeiter nutzen und motivieren. Wir sprechen also von einem Paradigmenwechsel hin zur Informationsgesellschaft bzw. zur „Ideenwirtschaft“ ([74], Daniels, S. 29). In der Aufstellung seiner Thesen geht Daniels sogar noch weiter:

„Ideenreichtum und Innovationskraft geraten zum entscheidenden Wettbewerbsfaktor, während die eigentliche Produktion von Dingen entweder in andere Länder abwandert oder sich handwerklich reorganisiert.“

Gerade in den Forschungs- und Entwicklungsbereichen der Automobilindustrie, der Softwareentwicklung oder der Biotechnologie bilden sich bereits jetzt schon Organisationsformen heraus, wie sie in der Informationsgesellschaft üblich sein werden. Charakteristisch ist die Erkenntnis, dass die Produktion in Zukunft zielorientiert auf Problemlösungen ausgerichtet sein wird und sich nicht vordergründig an linear organisierten Arbeitsfunktionen orientiert. Der wesentliche Unterschied zur Massenproduktion ist also die Bedeutung des Faktors Zeit ([74], Daniels, S. 28):

„Probleme müssen in einem kreativen Prozeß gelöst werden – im Wettlauf mit der Zeit.“

Nicht mehr die kontrollierte, geregelte Arbeitszeit prägt den Arbeitsalltag von „New Work“, sondern Teams die zur Lösung von Teilproblemen flexibel zusammengestellt werden bzw. sich bilden und sich nach der Problemlösung wieder auflösen. Sogenannte „Rollen“ ändern sich in jedem Team und sind nicht organisationsbezogen festgelegt. Diese neuen Mitarbeiterstrukturen führen zu einem radikalen Abbau von Hierarchien und zu einem Mitarbeitertypus, der im Betrieb „Netzwerkarbeit“ leistet. Von den Mitarbeitern erfordert dies natürlich andererseits die Bereitschaft zu mehr Flexibilität sowie zur Übernahme von mehr Selbstverantwortung. Den neuen Prinzipien der Arbeitsorganisation der Informationsgesellschaft liegen entgegengesetzte Interessen als den alten hierarchisch geprägten Organisationsformen zugrunde: Das „reibungslose Funktionieren“ von Mitarbeitern wird in „New Work“ im weitesten Sinne ersetzt durch Selbständigkeit für jeden, immer und mit allen Vor- und Nachteilen.

3.1.1 Nachhaltige Informationsbewirtschaftung

Im folgenden Kapitel wird vorausgesetzt, dass moderne IuK-Technologien allgemein verfügbar sind. Wissenschaftlich-technische Publikationen sind für die Bewohner der sogenannten Industriestaaten zugänglich und finanzierbar. In südlichen Ländern und den sogenannten Entwicklungsländern kann die Verfügbarkeit von Information und Informationstechnologie jedoch nicht als selbstverständlich angesehen werden, wie einige aus [47] entnommene Zahlen und Fakten unterlegen sollen.

VERFÜGBARKEIT von IuK-Technik

Im Jahre 1998 wurde durch das Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen (UNDP) ermittelt, dass in den Entwicklungsländern nur 18,5 % der Bevölkerung über ein Radio, 14,5 % über einen Fernseher, 0,7% über einen Computer, 0,4 % über einen Telefonanschluss und 0,05% über einen Internetanschluss verfügten.

Demgegenüber stehen 95% aller weltweit verfügbaren Computer in den sogenannten Industrieländern.

In den Industrieländern kommt ein Faxgerät auf ca. 35 Personen, in den Entwicklungsländern hingegen auf ca. 1000 Personen. Jedem neu eingerichteten Internetanschluss in den Entwicklungsländern stehen 149 neu eingerichtete Internetanschlüsse in den Industrieländern gegenüber. Aus einem Bericht der National Association of Software Companies geht hervor, dass in Indien Ende der neunziger Jahre für 980 Mill Einwohner 250.000 Internetanschlüsse verfügbar waren.

QUELLEN und VERFÜGBARKEIT von INFORMATION

Bereits 1977 wurde durch Davidson Frame ermittelt, dass ca. 80 % der hervorgebrachten wissenschaftlichen Publikationen aus den zehn führenden Industrienationen stammten, gegenüber 6% aus 120 Entwicklungsländern. In einer unlängst veröffentlichten Studie der Mexikanerin Ana Maria Cetto wurde dieser Trend bestätigt. Zusätzlich wurde die Verteilung innerhalb der Entwicklungsländer untersucht. Hier ergab sich, dass China und Indien in Asien, Südafrika und Nigeria in Afrika und Brasilien, Argentinien und Mexiko in Lateinamerika die Entwicklung innerhalb der Entwicklungsländer dominieren.

Digital zur Verfügung gestellte Informationen bieten enorme Vorteile. Wenn jedoch der Zugriff auf diese Informationen nicht möglich ist, sind sie wertlos. Heute sind aber schon sehr viele Fachzeitschriften derart teuer, dass sie selbst von Bibliotheken in den Entwicklungsländern nicht mehr bezogen werden können. Gleiches gilt für die anfallenden Gebühren von on-line Diensten und elektronischen Wissenschaftsjournalen.

AUSWIRKUNGEN auf das BAUWESEN

Wir müssen bei der Entwicklung von IuK - Technologien mit berücksichtigen, dass in den nächsten Jahrzehnten umfangreiche Baumaßnahmen nicht nur in den Industrieländern ausgeführt werden, sondern vorrangig in den Entwicklungsländern. Elektronisch gestützte Organisations- und Kooperationsformen sind nötig und werden sich entwickeln. Wir sollten nur beachten, dass nicht überall die von uns gewohnte Versorgungsdichte und Versorgungsqualität verfügbar sein wird. Das Bauwesen kann jedoch dazu beitragen, das entstandene Ungleichgewicht in der Infrastrukturausstattung kontinuierlich abzubauen.

3.2 Besonderheiten der Kommunikation im Bauprozess

Randbedingungen und Produkte (Bauwerke) des Bauprozesses unterscheiden sich von denen stationärer Produktionsbetriebe und von deren Prozessen. Ohne den folgenden Kapiteln vorgreifen zu wollen, sollen nun die Besonderheiten des Bauwesens bezüglich der Kommunikation und Interaktion der an Bauplanung und –verwaltung beteiligten Gewerke dargestellt werden. Die Sonderstellung des Bauwesens innerhalb der Güterproduktion basiert im wesentlichen auf folgenden Spezifika:

- das Produkt Bauwerk, welches (zumindest auf den ersten Blick) ein Unikat darstellt
- stark gegliederte Organisationen im Bauwesen
- darauf aufbauend ein stark arbeitsteiliger Produktionsprozess im Bauwesen

3.2.1 Das Produkt Bauwerk

Die Besonderheiten des Produktes Bauwerk lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Bauwerke stellen in der Regel Einzelanfertigungen dar.
- Bauwerke sind investitionsintensiv.
- Die Investitionen sind risikoreich und standortgebunden.
- Bauwerke sind langlebig.
- Bauwerke setzen sich nicht nur aus Standardteilen zusammen.

Die Trennung zwischen Bauherr, Betreiber und Nutzer eines Bauwerkes führt zur Auffassung, dass die Aufwendungen zur Bauwerksbeschreibung für den Bauherren zu optimieren, häufig zu minimieren sind. Die Baubeteiligten haben nur geringe Anreize, ein fachübergreifendes Informationsmanagement zu initiieren und zu nutzen, da die Projektleistung derzeit überwiegend nach der Bausumme abgegolten wird, obwohl bereits andere Lösungen in den Vorschriften verankert sind.

Daraus resultiert einerseits eine Aufwandsminimierung zur Beschreibung des Bauwerks in sämtlichen Projektphasen. Es werden selten Prototypen hergestellt und Testversuche in großem Maßstab durchgeführt. Einmal fertiggestellte Teile des Bauwerks sind anschließend nur noch bedingt verbesserbar. Durch die Verwendung nicht standardisierter Teile bzw. individuell geplanter Lösungen ist es andererseits notwendig, alle Elemente des Bauwerks explizit beschreiben zu müssen, was zu einem zusätzlichen Dokumentationsaufwand führt.

Die Potentiale zur Kostenoptimierung in der Nutzungsphase eines Bauwerkes, die sich aus einer gezielten Strukturierung der Bauwerksinformationen während der Planungsphase ergeben können, sind in der Praxis als Folge der getrennten Verantwortlichkeiten nur schwer vermittelbar.

3.2.2 Die Organisation im Bauwesen

Die Organisationsformen im Bauwesen weisen hinsichtlich ihrer Beziehungs- und Prozess-Struktur Besonderheiten auf. Prägende Merkmale der Bauprojektorganisation sind der nicht standardisierte Ablauf und die sehr feingliedrige Arbeitsteilung. Daraus resultiert in vielen Fällen der Baupraxis eine dynamische Beziehungsstruktur der an Planung, Bauausführung und Baubewirtschaftung beteiligten Organisationen.

Die Lern- und Entwicklungsfähigkeit gegenüber stationären Produktionsorganisationen ist nur eingeschränkt gegeben. Die unterschiedlichen Beteiligten benutzen sehr heterogene Mittel der Informationsverarbeitung. Technische Schwierigkeiten bei der konsistenten Verwaltung und der Übertragung der Informationen sind die Folge. Eine Bauwerksbeschreibung und -dokumentation liegt in den einzelnen Organisationseinheiten deshalb nur selten fehlerfrei vor.

Es bedarf deshalb der Weiterentwicklung bzw. Anpassung der Methoden und Werkzeuge des organisationellen Ressourcenmanagements. Workflowmanagement und Computer Supported Cooperative Work sind zwei Methoden, die zu einer Verbesserung der Koordinations- und Kooperationsfähigkeit im Bauwesen beitragen.

3.2.3 Der Produktionsprozess von Bauwerken

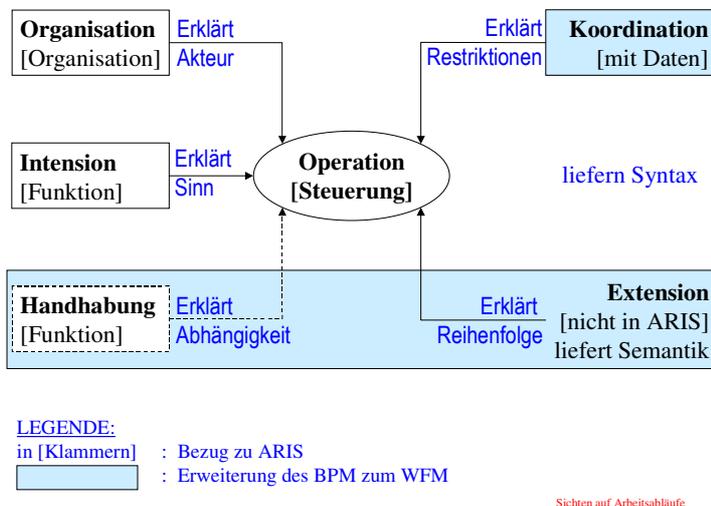
Die in Deutschland übliche Gliederung in Projektphasen nach der HOAI kann nicht mehr maßgebend für die Organisation des Planungsprozesses von Bauwerken sein, da sie weder international anerkannter Standard ist, noch über einheitliche, funktionsübergreifende Gliederungsvorschläge mit definierten Zielen und Aufgaben verfügt. Häufig ändern sich die Randbedingungen und Anforderungen an das Produkt Bauwerk während der Planungs- und Realisierungsphase, so dass die Produktion unter veränderten Parametern erfolgen muss. Dessen ungeachtet ist es aufgrund der hohen Investitionen unerlässlich, in jeder Projektphase aufgrund von aktuellen Daten Aussagen über Kosten und Termine bis zur Fertigstellung treffen zu können. Das bedeutet, dass ein ständiger Abgleich zwischen Soll und Ist stattfinden muss.

Den derzeitigen wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Rahmenbedingungen angepasst, entwickeln sich derzeit neue Formen zur Prozessorganisation im Bauwesen, mit dem Ziel, die Qualität der Ausführung durch bessere Planungsunterlagen und insbesondere durch eine verbesserte Kooperation zwischen den am Bau Beteiligten zu erzielen.

So basiert beispielsweise eine Grundidee des Planungsansatzes „Bauen nach Smart“ darauf, bereits bei der Erstellung der Ausschreibungs- und Planungsunterlagen das Know-How der ausführenden Firmen und Handwerker mit einzubeziehen. Mit diesem integrierten, fachübergreifendem Ansatz soll einerseits die Qualität der Planungs- und Ausschreibungsunterlagen verbessert werden, indem die entwickelten Lösungen dezidierte Funktionalitäten erfüllen; dafür eine geeignete, realisierbare technische Lösung gewählt wird und sichergestellt ist, dass die technische Lösung auch umgesetzt werden kann.

Der Verbund zwischen Architekt, Ingenieur und ausführenden Gewerken repräsentiert eine mögliche Form für „virtuelle Organisationen“. Das definierte Ziel, dessen Lösungsweg gemeinsam erarbeitet wurde, wird transparenter. Dies trägt zweifellos zu einer besseren Termintreue und der Bereitschaft zur Einhaltung der Rahmenbedingungen bei (vgl. Pkt. 2.2.4: Brandoms „Making It Explicit“).

3.3 Workflow Management – inhaltliche Grundlagen



Als generalisierte Definition des Inhalts von Workflow Management (WFM) kann die Integration der Beschreibung *einer Organisations-sicht* (Struktur der Akteure), *einer Funktionssicht* (Struktur, Sinn von Handhabungen) *und einer Ressourcensicht* (Struktur der Werkzeuge bzw. der erstellten Produkte, Restriktionen) genannt werden. WFM ist jedoch mehr als die unter Punkt 2.5 (ARIS/IDEF) benannten Methoden zur Strukturdefinition eines Geschäftsprozessmodells.

Abbildung 20: Sichten zur Workflow Beschreibung
 modifiziert nach [25]: Jablonski, S. 48

WFM ergänzt die Geschäftsprozessmodellierung um die Möglichkeit zur STEUERUNG des Ablaufs der einzelnen Prozesse. Dies schließt einerseits die KONTROLLE eines Ablaufs (aus Sicht des oo-Modellierens²⁴ besser der Instanz einer Ablaufbeschreibung) sowie der KOORDINATION einschließlich der Negation von Handhabungen eines Ablaufs mit ein. Ziel des Workflow Management ist eine formale, optimierte Beschreibung von Arbeitsabläufen, um eine effiziente Kooperation zwischen Akteuren sicher zu stellen. D.h. Workflow Management Systeme sind primär nach einer Funktionsstruktur zu entwickeln.

3.3.1 Grundlagen

Die mathematische Grundlage für die Modellierung, Ermittlung und Speicherung von Prozessabläufen ist die Graphentheorie. Deren Prinzipien sind in der Literatur ausführlich erläutert (vgl. z.B. [61]: Pahl, Damrath). Deshalb soll im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter auf die Grundlagen der Graphentheorie eingegangen werden.

Die derzeit am Markt kommerziell verfügbaren Softwarelösungen im Bereich des Workflowmanagement sind nicht einer Normung unterworfen. Deshalb bemüht man sich, einheitliche Begrifflichkeiten und Szenarien der Zusammenarbeit zu definieren. Zu diesem Zweck wurde die Workflow Management Coalition (WFMC) 1993 gegründet. Bei der WfMC handelt es sich um einen Interessenverband der Industrie, der jedoch beabsichtigt seine Normungen international zertifizieren zu lassen. Auch seitens der WfMC sind eine Reihe von Dokumentationen und technischen Beschreibungen verfügbar, so dass im Rahmen dieser Arbeit auch darauf verzichtet werden kann, grundlegende Begriffsdefinitionen und Softwarearchitekturvorschläge darzustellen und zu analysieren. Der interessierte Leser sei z.B. auf [67]: Workflow Reference Guide verwiesen. Eine gute Übersicht gibt Fiedler [50].

²⁴ OO: objektorientiert (ein Paradigma im Software-Engineering)

3.3.2 Anforderungen aus Sicht der Informatik

Workflow Management Systeme bilden mit Mitteln der Mathematik und der Informatik wirtschaftswissenschaftliche Modelle ab (Organisations- und Ablaufmodelle). Aus Sicht des Software Engineering ist es wünschenswert, wenige Objekte zur Workflow Modellierung entwickeln zu müssen. Einfüge-, Lösch- und Modifikationsoperationen sollen einfach beschreibbar und implementierbar sein; die Darstellung verschiedener Modellsichten ist nötig. Diese Anforderungen führen zur Entwicklung sogenannter verwendungsgebundener Bausteine der Funktions- und Organisationsmodellierung. Eine Bewertung sowie ein Vergleich mit anderen Bausteintypen erfolgt in ([25]: Jablonski, S.108ff). An die zu entwerfenden Bausteintypen werden aus Sicht der Informatik folgende Anforderungen gestellt:

- **ÜBERSICHTLICHKEIT:** die Bausteine sollen gliederbar und klassifizierbar sein.
- **WIEDERVERWENDBARKEIT:** dies soll durch die Möglichkeit der Definition von Substrukturen erreicht werden.
- **ÄNDERUNGSFÄHIGKEIT:** der Aufwand zum Einfügen, Löschen und Modifizieren (z.B. Typänderung) soll möglichst gering sein. Die Fehleranfälligkeit soll minimiert werden.

3.3.3 Typen von Workflow Management Systemen

Aus der Einführung ergibt sich, dass verschiedene Typen der Unterstützung für Workflow Systeme existieren. Im Rahmen dieser Arbeit folgen wir weitestgehend der Definition von ([25]: Jablonski, S. 95 f). Dieser unterscheidet in:

- **INFORMATIONSEBENE (passive Unterstützung)**
Es erfolgt eine exakte Beschreibung der Sichten der Geschäftsprozessmodellierung (vgl. dazu Abbildung 20 und Pkt. 2.5). Die Verfügbarkeit dieser Beschreibung erleichtert dem Nutzer den Zugang zu Informationen.
- **ÜBERWACHUNGSEBENE (passive, reaktive Unterstützung)**
Bei diesem Typ Workflow Management System erfolgt die Einführung von Integritäts- und Konformitätsprüfungen. Damit ist das Workflow System in der Lage zu reagieren, wenn benutzerseitig Arbeitsschritte unvollständig, in einer nicht definierten Reihenfolge oder gar nicht abgearbeitet wurden. Die Entstehung von inkonsistenten Datenbeständen wird vermieden. Institutionalisiertem Wissen wird durch das Workflow System generiert.
- **STEUERUNGSEBENE (aktive Unterstützung)**
Bei diesem Typ Workflow Management System führt das System zusätzlich zu den oben genannten Funktionalitäten Aktivitäten SELBSTÄNDIG, AKTIV aus. D.h. vom System werden beispielsweise Anwendungen gestartet und Eingabedaten für ein bestimmtes Projekt selbständig gesucht und übergeben.
- **ASSISTENZ und PLANUNG (kreative Unterstützung)**
Hier handelt es sich nicht mehr um ein Workflow Management System im klassischen Sinne, sondern um eine Zusammenführung von Workflow Management System und Expertensystem. Vom Softwaresystem werden bei der Bearbeitung Entscheidungsvorschläge selbständig erstellt sowie Ressourcenplanungen selbständig vorgenommen.

Um diese Funktionalitäten realisieren zu können, ist eine umfangreiche strukturierte und bewertete Datenbasis (also Wissen) nötig. Besonders wichtig und aufwendig ist die Bewertung bzw. Interpretation der strukturiert abgelegten Daten – eine klassische Funktionalität von Expertensystemen.

Derzeit findet man sehr häufig die unter Punkt a) beschriebenen Workflow Management Systeme sowie in geringerem Umfang reaktive und aktive Workflow Management Systeme (vgl. Punkte b) und c)).

Sicher ist es wünschenswert Systeme mit umfangreicherer Funktionalität verfügbar zu haben. Dazu sind jedoch noch die folgenden Hemmnisse zu überwinden:

- Die Systeme müssen über allgemeingültige, formalisierte Beschreibungsmöglichkeiten verfügen.
→ Dies ist realisierbar.
- Der physikalische Speicherplatz muss vorhanden und im Fall des verteilten Arbeitens vernetzbar sein.
→ Diese Forderung ist bereits realisiert bzw. die Realisierung ist absehbar.
- Funktionalitäten müssen lokalisierbar sein. Zusätzlich sollten Alternativen zur Realisierung der Funktionalitäten angeboten werden können.
→ Mit der Verfügbarkeit der Agenten-Technologie sowie von ASP²⁵ ist es nunmehr technisch prinzipiell möglich, aus Workflow Management Systemen auf externe Funktionalitäten zu referenzieren und diese Funktionalität zu aktivieren.
- Die Auswirkungen von Veränderungen sollten kalkulierbar sein und die Möglichkeit zum Rücksetzen von Aktionen muss prinzipiell vorhanden sein.
→ Hier sind zwei Voraussetzungen nötig: Eine umfangreiche, flexible Modellierung des Workflows, die Nutzung von externen, anwendungsspezifischen Funktionalitäten sowie die Möglichkeit zur Benachrichtigung betroffener Akteure. Die technischen Möglichkeiten dazu sind prinzipiell verfügbar.
- Ziele und Aspekte von Workflows müssen integrierbar sein.
→ Globale, weitreichende Ziele sind schlecht eindeutig formalisierbar und damit beschreibbar.

3.3.4 Strategien zur Beschreibung von Workflows

Zur Modellierung von Workflows und damit von Workflow- Beschreibungssprachen kann nach unterschiedlichen Strategien verfahren werden. Jablonski et al. unterscheiden in (1) implementierende Strategie, (2) applikative Strategie, (3) abbildende Strategie, (4) adaptive Strategie und (5) integrierende Strategie. In der in ([25]: Jablonski, S. 79 ff.) vorgenommenen Bewertung wird die implementierende Strategie als die für die Modellierung von Workflow Systemen geeignetste herausgestellt.

²⁵ ASP: hier benutzt als Synonym für Application Service Providing
(in der Microsoft-Welt steht ASP häufig auch für Active Server Pages)

Bei der applikativen Strategie wird der Nachteil erwähnt, dass durch eine zu starke Fokussierung auf ein spezielles Problem und den zugehörigen Lösungsalgorithmus keine allgemeingültige Lösung erarbeitet wird. Bei der Benutzung von Metaphern wie z.B. Umlaufmappen (abbildende Strategie) besteht die Gefahr Innovationspotential durch zu große Realitätstreue zu verschenken. Bei der Übernahme von Lösungsansätzen (adaptive Strategie) aus anderen Wissensgebieten bzw. der Integration des Workflow Modells in komplexere Lösungsansätze besteht hingegen die Gefahr, durch zu restriktive Randbedingungen an der Entwicklung eines passenden Modells gehindert zu sein.

Die implementierende Strategie geht von einem existierenden Beschreibungskonzept aus. Dieses Beschreibungskonzept soll nun durch Modifikation für die Modellierung von Workflows genutzt werden. Als Ausgangspunkt für die Modellierung von Workflows eignen sich folgende Beschreibungskonzepte:

- (1) Die KOMMUNIKATIONSTHEORIE: hier steht der strukturierte Nachrichtenaustausch im Mittelpunkt des Beschreibungskonzeptes. Die Struktur der Beschreibung lehnt sich an die sogenannte Sprechakttheorie und die darauf aufbauenden Konversationsmodelle an (vgl. auch Pkt. 2.2.4 und Pkt. 2.3).
Anzumerken bleibt, dass eine ausschließliche Nutzung der Kommunikationstheorie zur Modellbeschreibung nicht optimal ist, da eine Reihe von Workflows nicht zwingend vollständige Zyklen der Sprechakttheorie durchlaufen (z.B. Bauausführung versus Bauplanung)
- (2) Gegenstand der KOORDINATIONSTHEORIE ist es, interdisziplinäre Konzepte zur Beschreibung der Zusammenarbeit zu entwickeln, die auf dem Verständnis basieren, *„...,dass Abhängigkeiten zwischen Aktivitäten ausschließlich durch den Gebrauch gemeinsamer Objekte entstehen“* [Kirsche 94 S. 61]. Der interdisziplinäre Lösungsansatz kommt einer Verwendung im Bauwesen entgegen. Analoges gilt für den datenfluss- und objektorientierten Ansatz. Die formale Beschreibung der ausführungsrelevanten Aspekte wird in ([25]: Jablonski, S. 81) jedoch als umfangreich charakterisiert.
- (3) Als besonders geeignet zur Beschreibung von Workflows werden die unter Punkt 2.5 eingeführten Arbeitsvorgangsmodelle bewertet. Zahlreiche Analogien erleichtern hier die Weiternutzung der Modelle. Besonders hervorzuheben ist hier die Vorgehensweise in ARIS, sich mittels Dekomposition einzelne Teilsichten zu erarbeiten und nach Modellierung der Teilsichten diese in einer Synthese zu einem integrierten Modell zusammenzustellen. Hinderlich für die direkte Übernahme der Modelle sind die in den Arbeitsvorgangsmodellen noch vorhandenen Freiheitsgrade. Diese führen nach [Rump 95, Zukunft und Rump 96: in [25]: Jablonski, S. 80 f] zu unvollständigen bzw. inkonsistenten Workflow-Beschreibungsmodellen.

3.3.5 Aspekte und Komponenten der Modellierung

Die Modellierung der einzelnen Modellkomponenten erfolgt unter verschiedenen Aspekten, die zur vollständigen Workflowbeschreibung berücksichtigt werden sollten. Die einzelnen Aspekte nach ([25]: Jablonski, S. 98 ff) sind: funktionsbezogener Aspekt, organisationsbezogener Aspekt, informationsbezogener Aspekt, verhaltensbezogener Aspekt, operationsbezogener Aspekt, kausalitätsbezogener Aspekt, historienbezogener Aspekt, transaktionsbezogener Aspekt.

Beim funktionsbezogenen, organisationsbezogenen und informationsbezogenen Aspekt kann eine unmittelbare Analogie zu den unter Pkt. 2.5.2 beschriebenen ARIS- Teilsichten hergestellt werden. Zwischen verhaltensbezogenem Aspekt und der Steuerungssicht in ARIS trifft dies ebenfalls zu. Deshalb sollen nur die ergänzenden Aspekte im Folgenden erläutert werden. Der operationsbezogene Aspekt beschreibt die Nutzung der DV-Werkzeuge (Aufruf, Funktion, Schnittstellen, etc.) einschließlich der Vorgehensweise bei deren Ausfall. Die Einführung des kausalitätsbezogenen Aspektes stellt sicher, dass ein Workflow bzw. ein Teil eines Workflows nur solange ausgeführt wird, wie die nötige Voraussetzung zu seiner Ausführung bzw. Auslösebedingungen noch existieren und gültig sind. Kausalitätsbezogene Aspekte können aufgrund der zunehmenden Komplexität nicht global sichergestellt werden, sondern nur auf niedrigen Abstraktionsniveaus in begrenzten Teilbereichen.

Der historienbezogene sowie der transaktionsbezogene Aspekt stellen sicher, dass im Workflow Management Modell auch Alternativen modelliert werden können, die ein vollständiges oder teilweises Rückgängigmachen von Arbeitsabläufen ermöglichen, und dass Modell sich nach derartigen Aktionen wieder in einem konsistenten Zustand befindet. Insbesondere der transaktionsbezogene Aspekt wird auch zur Modellierung der Fehler- und Ausnahmebehandlung benutzt. Wesentliche Funktionalitäten zur Fehler- und Ausnahmebehandlung, die nach ([25]: Jablonski, S. 119 f) modelliert werden sollten, sind: Anhalten, Fortsetzen, Abbrechen (keine umfassende Fehlerkompensation), Stornieren (umfassendes Zurücksetzen), Überspringen, Zurücksenden (an den vorhergehenden Bearbeiter), Ad-hoc Modus (flexibles Einfügen von Zwischenschritten) und Migration (Einfügen in neu definiertes Schema).

Nach Meinung des Autors sollte überprüft werden, ob auf die Funktionalität des Migrierens verzichtet werden kann. Die vorgeschlagenen Lösungsansätze können dazu führen, dass sich bei Beibehaltung der alten Definitionen in einem neu definierten Schema u. U. zahlreiche Inkonsistenzen im Modell ergeben. Wird hingegen ein altes Modell in ein neues Schema übertragen, so ist mit großer Wahrscheinlichkeit mit einem erhöhten Nachbearbeitungsaufwand zu rechnen.

Die einzelnen Aspekte der Modellierung spiegeln sich in Komponenten eines Workflow Management Systems wider. Prinzipiell wird zwischen Strukturkomponenten und Ablaufsemantik unterschieden. Zu den Strukturkomponenten zählen die Funktions- und Organisationskomponenten, die Verhaltenskomponenten, Informationskomponenten (Variablen, Parameter, etc.) und Operationskomponenten (Schnittstellen und externe Systemaufrufe). Um diese Komponenten nun miteinander in einer Ablaufreihenfolge in Beziehung setzen zu können, bedarf es der Modellierung bzw. Beschreibung einer Ablaufsemantik. Die Ablaufsemantik kann unterschiedlich erfolgen; implizit, allgemein explizit oder fallbasiert explizit.

Bei der Methode der impliziten methodischen Beschreibung wird die Ablaufsemantik fest im Workflow beschrieben und implementiert und nicht explizit im Meta-Schema des Workflows beschrieben. Bei dieser Art der Beschreibung kann eine Variation der Ablaufsemantik nur über eine Veränderung der Implementierung vorgenommen werden. Andererseits erschließt sich die „Geschäftslogik“ nur über die Dokumentation bzw. das Studium der implementierten Beschreibung.

Bei der allgemeingültigen, expliziten Beschreibung wird die Ablaufsemantik zwar explizit im Meta-Schema beschrieben, jedoch wird eine Lösung für alle möglichen Instanzen des Meta-Schemas realisiert. Jablonski ([25] S. 124) führen hier das System Melmac als Beispiel an, in dem die Semantik der Petri-Netze sowie ein konkreter Petri-Netz Interpreter vorgegeben werden.

Bei der fallbasierten, expliziten Beschreibung können für die einzelnen verschiedenen Instanzen eines Workflow Meta - Schemas auch unterschiedliche Ablaufsemantiken benutzt werden. Zur vollständigen Beschreibung eines Workflows ist es also nötig, entsprechend den unterschiedlichen zu betrachtenden Aspekten eine Reihe von Komponenten zu definieren und diese mit einer bestimmten Ablaufsemantik zu verknüpfen.

Für die Implementierung bedeutet dies, dass einmal eine Reihe von Objekten bzw. Entities mit entsprechenden Attributen zu definieren sind. Zum anderen ist es nötig, das Verhalten der Objekte zu beschreiben. Die Verhaltensbeschreibung wiederum kann in zwei Aspekte unterteilt werden: einmal die Beschreibung eines bestimmten Ablaufes in algorithmischer Form und zum anderen die Definition der Bedingungen, wann dieser Ablauf aktiviert bzw. gestoppt werden soll. Am Beispiel von Relationalen Datenbankmanagementsystemen wird dies im folgenden Abschnitt kurz dargestellt.

3.3.6 Mögliche Implementierung von Ablaufsemantiken

Datenbankmanagementsysteme und deren erweiterte Form die Data-Warehouses sind als Implementierungsplattform für alle unter Pkt. 3.3.3 genannten Typen von Workflow Management Systemen geeignet. Eine evolutionäre Weiterentwicklung der Funktionalität von der passiven Unterstützung bis hin zur kreativen Unterstützung ist mit diesem Werkzeug besonders gut möglich. DBMS unterstützen selbstverständlich die Speicherung von Workflow Informationen und deren gezielte Bereitstellung (passiver Modus). Insbesondere das relationale Datenbankmodell erfordert eine vollständige und redundanzfreie Beschreibung von Objekten. Mechanismen zur Überprüfung der semantischen Integrität sind beispielsweise die Einführung von Primär- und Fremdschlüssel. Weitergehende, sachverhaltsbezogene Prüfmechanismen sind vorhanden. Damit ist die Modellierung eines reaktiven Workflow Management Systems möglich.

Seit ca. 1993 ist in den meisten DBMS die Möglichkeit der Implementierung von „Event-Condition-Action Rules“ (ECA) vorhanden. Die Syntax für ECA kann wie folgt dargestellt werden:

BEI <ereignis> **WENN** <bedingung erfüllt> **AKTIVIERE** <funktionalität> Gleichung 2

Die Spezifikationen der einzelnen DBMS bzw. die zugehörigen Standardabfragesprachen (z.B. SQL) legen exakt fest, wie ein Regelmodell beschrieben werden muss.

Es können eine Reihe von Ereignissen unterschieden werden: (1) Wertereignisse, (2) Transaktionsereignisse, (3) Zeitereignisse, (4) Abstrakte Ereignisse und im Falle von objektorientierten Systemen (5) Methodenereignisse. Die Funktionalität von Ereignissen kann, ähnlich wie in Programmiersprachen, aus einer Reihe von primitiven Grundkonstrukten zusammengesetzt werden: (1) Sequenz, (2) Konjunktion, (3) Disjunktion, (4) Negation und (5) Repetition.

3.4 CSCW - Rechnergestützte Gruppenarbeit

Die aus dem englischen Sprachraum übernommenen Begriffe wie „Groupware“ und „Computer Supported Cooperative Work“ (CSCW) sind moderne Schlagworte. Beide Begriffe werden auf verschiedenste Weise interpretiert und mit unterschiedlicher Semantik beschrieben, was zu missverständlichen Auslegungen und zu hohen Erwartungshaltungen an diese Technologien und Werkzeuge in Wissenschaft und Praxis führt. Nach einer kurzen Einführung in das Thema Rechnergestützte Gruppenarbeit soll in diesem Kapitel eine möglichst eindeutige formale Beschreibung und Einordnung erfolgen. „Computer Supported Cooperative Work“ (CSCW) wird im Folgenden als die Methode, „Groupware“ als das Werkzeug und Gruppen- oder Teamarbeit als die Organisationsform definiert.

Als ein Ergebnis einer vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technik im Jahre 1998 veröffentlichte Studie gaben 1900 befragte Experten die folgenden vier übergeordneten Themen im Bereich „Informationsgesellschaft“ als Schwerpunkte der Entwicklung bis 2008 an: (gemäß [66]: Weller):

- a) Neue betriebliche Organisationsformen
- b) Vernetzte Unternehmen und Telearbeit
- c) „Next Generation“ Internet
- d) Multimedia als Alltagstechnik

Die Gruppenarbeit mit ihren Methoden und Werkzeugen bestimmt den Weg in die Informationsgesellschaft maßgeblich mit.

3.4.1 Dezentralisierung

Gruppenarbeit ist eine mögliche neue Organisationsform, die es gestattet, Unternehmen zu dezentralisieren, um damit eine Konzentration auf das Kerngeschäft zu erreichen sowie schnell und flexibel auf Marktanforderungen reagieren zu können. Dezentralisierung ist also „...*die Tendenz der zunehmenden Ersetzung hierarchischer Globalplanung durch eigenverantwortliche Organisation ökonomischer Aktivitäten und ihrer Koordination in marktorientierten Abstimmungsprozessen...*“ (vgl. [66]: Weller).

Auch im Baubereich ist eine zunehmende Produkt- und Leistungskomplexität zu verzeichnen. Diese zunehmende Komplexität führt in vielen Bereichen der Wirtschaft zur Bildung sogenannter „virtueller Organisationen“. Darunter versteht man temporäre, aufgabenbezogene, modulare Kooperationsstrukturen mit komplementären Kompetenzen. Genau in diesem Zusammenschluss von sich ergänzenden Unternehmen zu einer größeren (virtuellen) Einheit entsteht jedoch ein erhöhter Kommunikations- und Kooperationsbedarf.

Derzeit bestehen in größeren Organisationen (nach [8] S. 89) bzw. Gruppen von Organisationen drei Hauptprobleme:

- Ineffiziente innerbetriebliche Kommunikation,
- Eingeschränkte Kommunikationsmöglichkeiten
- Unzulängliche Informationstechnik

Die kritisierte Ineffizienz kann zahlreiche Ausprägungsformen annehmen: Verluste von Arbeitsergebnissen, Koordinationsprobleme, die Dominanz weniger Personen und daraus folgend Informationsüberflutung und mangelnde Erinnerung. Traditionelle, tayloristische Organisationsstrukturen hemmen oftmals die Kommunikationsfähigkeit durch die ihnen innewohnenden engen, spezialisierten Kompetenzbereiche. Die für diese Organisationsformen charakteristische vertikale Kommunikation über Vorgesetzte führt zu Zeit- und Informationsverlust.

Eine große Unzulänglichkeit der Informationstechnik ist die mangelnde Synchronisation mit den Organisationsformen. So ist die Informationstechnik zwar in der Lage, Daten und Informationen verfügbar zu machen; die Verwaltung der Daten und Informationen liegt aber meist beim Einzelnutzer. Es bleibt also dem Nutzer überlassen, welcher Personenkreis wirklich Zugang zu den Daten und Informationen hat.

Dies betätigen auch die unter Leitung des Autors im Bereich CAFM durchgeführten Untersuchungen (vgl. [56], [57]: Werkstudie Mercedes Benz, [54], [55]: Diplome zur Werkstudie Volkswagen). Im Abschlussbericht der Werkstudie im Bereich CAFM für die Volkswagen AG wurde ermittelt, dass sich ca. 10% des Personalaufwandes durch eine verbesserte Kooperation basierend auf einer optimierten Informationstechnik einsparen ließen (vgl. [60]: Abschlussbericht VW).

3.4.2 Computer Supported Cooperative Work (CSCW) - Grundlagen

Wie bereits schon in der Einführung erwähnt, existieren für den Begriff CSCW eine Vielzahl von Interpretationen ([8] S. 108):

- Rechnergestützte Gruppenarbeit
- Rechnergestützte kooperative Arbeit
- Rechnerunterstützung für organisierte Aktivität

Je nach Interpretation steht die Gruppe, die Arbeitsform und das Zusammenwirken der Gruppe oder die Integration von Kooperation und individuellem Arbeitselement im Mittelpunkt.

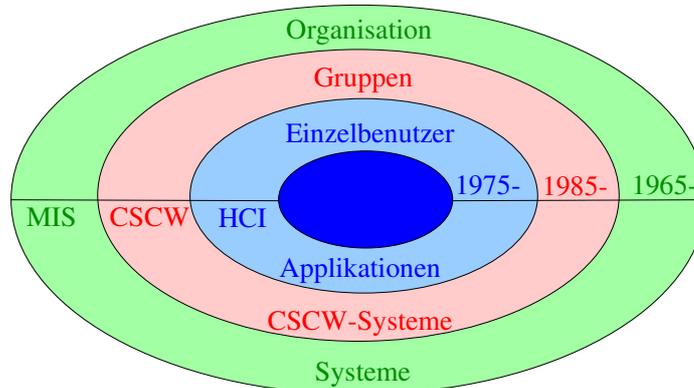
Unabhängig von der Betrachtungsweise werden für CSCW- Systeme drei Grundfunktionen definiert, die aufeinander aufbauen: Kommunikation, Koordination und gemeinsame inhaltliche Aufgabenbearbeitung. D.h. eine Aufgabenbearbeitung ist nur möglich, wenn die Teilaktivitäten aufeinander abgestimmt, also koordiniert sind. Gemeinsame Abstimmung setzt Kommunikation voraus, um sich über Bearbeitungsfortschritt und Randbedingungen zu verständigen. Weiterführende Gedanken zum Zusammenhang zwischen Kommunikation, Koordination und Aufgabenbearbeitung finden sich in Kirsche 94 und Malone / Crowstone 94, die in [25]: Jablonski, S. 375 ff. zusammengefasst sind.

Bei einer ersten Einordnung des Begriffes bzw. Fachgebietes CSCW soll entsprechend den Ausführungen in [8]: Borghoff, S. 92 ff. zunächst chronologisch vorgegangen werden.

Die Entstehung der Begriffe CSCW und Groupware lässt sich bis zu Beginn der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts zurückverfolgen. Borghoff erläutert, dass der Begriff Groupware durch Johnson-Lenz, der des CSCW durch Greif und Cashman geprägt wurde. CSCW war schon immer die Umschreibung für die Beschäftigung mit den theoretischen Grundlagen für Gruppenarbeit und deren Rechnerunterstützung. Demgegenüber steht Groupware als Synonym für die Systeme, die Gruppenarbeit unterstützen und die Beschäftigung mit ihnen.

3.4.3 Computer Supported Cooperative Work (CSCW) - Einordnung

CSCW füllt eine Lücke in der Beschäftigung mit den verschiedenen Anwendungsformen der rechnergestützten Gruppenarbeit und schlägt eine Brücke zwischen der Beschäftigung mit Individualanwendungen im Bereich des Human Computer Interaction (HCI) einerseits und von Systemen zur Büroorganisation (wie z.B. Management Information Systemen (MIS) andererseits. Abbildung 21 verdeutlicht diesen Zusammenhang.



Einordnung von CSCW

Abbildung 21: CSCW: Einordnung der Methode

(nach [8]: Borghoff S. 109)

CSCW untersucht und unterstützt verschiedene Szenarien der Gruppenarbeit wie z.B.: Präsentationen in Sitzungen, Notizunterstützung, rechnergestützte Sitzungen, asynchrone Konferenzen, synchrone Sitzungen mit Bild-, Ton-, und Datenverbindung, Kalender- und Projektmanagementsysteme oder Dokumentenmanagementsysteme. Der breite Anspruch von CSCW macht gleichzeitig auf das Dilemma der unterschiedlichen Begriffsauslegung deutlich.

Die Fokussierung auf verschiedene Arbeitsschwerpunkte ist die Folge.

In Anlehnung an Borghoff sollen die Komponenten des Begriffes CSCW erläutert werden (vgl. [8]: Borghoff, S. 110 ff.).

Work bezeichnet im Rahmen von CSCW die Komponenten sowie die Beziehungen und Abhängigkeiten innerhalb des Aktivitäten- und Ablaufsystems. Dabei bedarf es der Definition des Ablaufs der Aufgabenausführung, der Definition der Strukturierung und Granularität der zu speichernden Informationsobjekte, der Definition der Zugriffsrechte auf Informationen und der Definition und Gestaltung einer Mehrbenutzerschnittstelle.

Ein wesentlicher Aspekt der Cooperative Work ist die Kommunikation. Zur Beschreibung der Kommunikation existieren zwei grundlegende Modelle:

- (a) das nachrichtentechnische Modell nach Shannon oder
- (b) die linguistische Untersuchung der Zusammenhänge zwischen der reinen Zeichenübertragung (Syntax), der durch Zeichen vermittelten Bedeutung (Semantik) und der Absicht des Senders bzw. der Auswirkungen auf den Empfänger (Pragmatik).

Die Intensität der Kommunikation kann verschiedene Grade haben:

Informieren: Dies ist meist ein unidirektionaler Daten- und Informationsfluss.

Koordinieren: Es besteht ein direkter Kontakt von Absender und Empfänger. Abhängigkeiten werden verwaltet und gesteuert. Aktionen sowie Daten- und Informationsfluss werden koordiniert.

Kollaborieren: Absender und Empfänger arbeiten auf ein Gruppenziel hin und koordinieren dafür Aktionen sowie Daten- und Informationsfluss.

Kooperieren: Ressourcen werden gemeinsam durch mehrere Akteure genutzt, erstellt und bearbeitet sowie zwischen diesen ausgetauscht. Den Handlungen der Akteure liegen Handlungspläne zugrunde. Individuelle Ziele werden den Gruppenzielen eindeutig untergeordnet. Ein Gruppenkonsens wird in gemeinsamen Treffen erarbeitet und von allen Teilnehmern getragen. Soziale Prozesse werden stärker berücksichtigt.

Es gibt verschiedene Taxonomien für Kooperation: nach Anzahl der Beteiligten (bi- oder multilaterale Kooperation), die räumliche Verteilung der Beteiligten bzw. die zeitliche Verteilung der Arbeitsprozesse (sequentiell, parallel).

Supported Cooperative Work beschreibt die unterschiedlichen Aspekte der Unterstützung. CSCW- Systeme können nach [8]: Borghoff, S. 113: ordnend, strukturierend, kontrollierend, schlichtend oder motivierend sein.

Der Computer kann demzufolge in CSCW- Szenarios verschiedene Rollen übernehmen: die eines Dienstleisters, die eines Auslösers und die Rolle eines Eindringlings. Mit der Dienstleistungsfunktion werden neue, bisher nicht verfügbare Funktionalitäten durch den Computer erschlossen, mit der Rolle des Auslösers werden neue Kommunikationsbeziehungen möglich (Videokonferenzen, e-mail usw.). In der Rolle des Eindringlings übernimmt der Computer bisher anders erbrachte Funktionen (z.B. Flipchart → Smartboard).

3.4.4 Computer Supported Cooperative Work (CSCW) – Klassifizierung



- VORGEHEN:
- ganzheitlich
 - integriert

Cooperative Work

- MODUS:
- örtlich verteilt
 - zeitlich abgestimmt

ZEIT ORT	Gleicher Zeitpunkt (synchron)	Unterschiedlicher Zeitpunkt (asynchron)
	Gleicher Ort	Gruppenarbeit
Unterschiedlicher Ort	Concurrent Engineering	Collaborative Engineering

Computer Supported Cooperative Work

In Abbildung 22 oben rechts erfolgt eine Zusammenstellung der im CSCW betrachteten fachlichen Aspekte. Beim CSCW handelt sich also um einen ganzheitlichen, integrierende rechnergestützte Methode zur Ablaufsteuerung.

Die in Abbildung 22 unten rechts dargestellte Raum-Zeit-Matrix gibt eine weit verbreitete Klassifikation der CSCW - Modi an. Andere Arten sind quantitative, organisatorische und soziale Klassifizierungsmöglichkeiten, funktionale Gliederungsaspekte und das sogenannte 3K-Modell. Diese

Abbildung 22: CSCW – Inhalte und Klassifizierung

Klassifizierungsarten sind in [8]: Borghoff, S. 121 ff. sehr gut dargestellt und bewertet. Der interessierte Leser sei zum weiteren Studium auf diese Quelle verweisen.

3.4.5 Workflow Management und Computer Supported Cooperative Work

Das wesentliche Ziel dieses Abschnittes soll den Zusammenhang sowie die Abgrenzung zwischen Workflow Management (Systemen) (WFM) und Computer Supported Cooperative Work (Systemen) (CSCW) verdeutlichen. Dabei ist es wichtig, welche Sichtweise man für die Betrachtung zugrundelegt; interpretiert man CSCW als eine Ergänzung von WFM oder umgekehrt. Im folgenden Abschnitt sollen beide Varianten dargestellt werden. Als Eingangsthese soll gelten, dass WFM aufgrund seiner Funktionalität als Koordinierungssystem bezeichnet werden kann. Jablonski et al. [25] S. 378 schlagen vor, die Unterschiede zwischen WFM Systemen und CSCW-Systemen mit den folgenden Fragen zu charakterisieren:

- Was wird koordiniert: Aktivitäten oder Objekte ?
- Existiert ein Schemakzept zur Koordination ?
- Arbeiten die Benutzer synchron oder asynchron zusammen ?

Tabelle 8: Gegenüberstellung von WFM und CSCW

(nach [25] S. 381)

1	Workflow-Management-Systeme	CSCW-Systeme
	2	3
Koordination	Aktivität	Objekt
Koordinationsunterstützung	aktiv	passiv
Schemakzept	ja	bedingt
Schemakzept zur Laufzeit änderbar	teilweise	teilweise
Synchronizität	asynchron	synchron und asynchron
Prozessverlauf	bekannt	unbekannt

3.4.5.1 Koordinationsgegenstand

Wesentlich für die Unterscheidung zwischen Workflow-Management (WFM) und Computer Supported Cooperative Work (CSCW) sind der Gegenstand bzw. die Inhalte, die koordiniert werden sollen: sind dies Aktivitäten oder sind es Objekte?

Im Falle von WFM werden Aktivitäten koordiniert. Aktivitäten können Einzelschritte oder Subworkflows sein. Im WFM wird also vorausgesetzt, dass Abläufe gut formal beschreibbar sind und die Abhängigkeiten zum Zeitpunkt der Modellierung exakt bekannt sind. Im Gegensatz dazu muss es bei der Objektkoordination möglich sein, die gemeinsam zu bearbeitenden Objekte in ihrer Struktur und ihren Abhängigkeiten exakt zu beschreiben. Zusätzlich muss beim Objektkonzept eindeutig beschreibbar sein, welcher Nutzer welche Objekteigenschaft verändern bzw. anlegen darf.

CSCW- Systemen liegt meist das Prinzip der Objektkoordination zugrunde. D.h. CSCW-Systeme sind besser geeignet unstrukturierte Abläufe zu koordinieren. Über die bessere Möglichkeit zur ad-hoc Kommunikation wird es möglich, Beteiligte mit entsprechenden Rechten zusammenzubringen und gemeinsam ein bestimmtes Objekt zu bearbeiten.

Sowohl die Objektkoordination als auch das Aktivitätskonzept können um ein sogenanntes Phasenkonzept ergänzt werden; also die Einführung der Dimension Zeit. Damit wird es möglich, einen „Zeitkorridor“ für die Definition oder Bearbeitung bestimmter Objekteigenschaften oder Aktivitäten vorzugeben.

3.4.5.2 Schemakonzept

Das zweite wesentliche Unterscheidungsmerkmal zwischen WFM- Systemen und CSCW-Systemen sind die verschiedenen Schemakonzepte. Während WFM- Systeme formale, gut vorstrukturierbare Prozesse einer Unternehmung unterstützen, zielen CSCW- Systeme eher auf die Unterstützung informeller, wenig vorstrukturierbarer Prozesse ab. Durch die Möglichkeit der guten formalen Beschreibung und Strukturierung von Arbeitsabläufen (Routineprozesse) in Workflows, kann das WFM- System auch aktiv in die Steuerung der Abläufe eingreifen.

Eine Modellierung von Workflows und die Implementierung von Workflow- Schemata ist nur sinnvoll, wenn die notwendigen Ein- und Ausgabedatenströme genau bekannt sind sowie die Bearbeitungsschritte, alternative Schritte, Abhängigkeiten zwischen den Schritten genau spezifizierbar sind (z.B. durch Termine, Datenschnittstellen, zu benutzende Werkzeuge bzw. Software usw.

Um eine größere Flexibilität in WFM-Systemen zu erreichen, geht man derzeit zur Nutzung von sogenannten Mustern über: den Koordinationsmustern.

CSCW- Systeme können im Gegensatz zu WFM- Systemen aufgrund der fehlenden formalen Beschreibung die Koordination der Arbeitsabläufe nur passiv unterstützen. Die passive Unterstützung erfolgt durch die Bereitstellung von „*awareness information*“, d.h. der Benutzer erhält einen Überblick zum aktuellen und vergangenen Geschehen in Form einer (passiven) Information. Die informelle Kommunikation kann durch die Verwendung von Mustern bzw. Templates beschrieben werden. Bei dieser Vorgehensweise sind Änderungen zur Laufzeit immer noch relativ einfach vornehmbar (vgl. dazu [25]: Jablonski, S. 380).

3.4.5.3 *Modi der Kooperation*

Prinzipiell unterscheidet man zwischen synchroner und asynchroner Kooperation. Folgt man dieser Gliederung, dann unterstützen WFM – Systeme wohl eher die Formen der asynchronen Zusammenarbeit, wohingegen die Unterstützung der synchronen Kooperation eher als Funktionalität der CSCW – Systeme angesehen wird. Eine absolute Zuordnung ist jedoch in beiden Fällen nicht möglich. WFM – Systeme verfügen heute ebenfalls über Funktionalitäten zur Unterstützung der synchronen Zusammenarbeit, nämlich z.B. in Form der Darstellung des aktuellen Bearbeitungszustandes.

Hinzu kommt außerdem, dass sich die Kommunikation in der realen Welt auch nie eindeutig der einen oder der anderen Kommunikationsform zuordnen lässt. Eine Vielfalt bzw. Integration der Werkzeuge ist also in jedem Falle erforderlich, um Szenarien der Gruppenarbeit umfassend unterstützen zu können.

3.4.6 Anforderungen an eine Integration WFM und CSCW

Um zu integrierten Systemumgebungen zu gelangen, die verschiedene Aspekte der Gruppenarbeit unterstützen, definiert Schwab 97 (zitiert in [25]: Jablonski, S. 382) die folgenden Anforderungen:

- Abstimmung der verschiedenen Teilnehmer- und Rollenkonzepte
- Vereinheitlichung der Notifikationsdienste
- Koordination bzw. Synchronisation der Ablaufabhängigkeiten
- Konsistenzsicherung des Zugriffs auf gemeinsame Daten

In der Anwendungspraxis stellt sich die Frage, ob sich bei zu hohem Integrationsaufwand nicht die Entwicklung bzw. Beschaffung eines neuen Werkzeuges, das die geforderten Funktionalitäten vereint, eher amortisiert als eine aufwendige Anpassungsprogrammierung.

Bei der Integration auf Systemebene unterscheidet man zwischen loser Koppelung und enger Koppelung. Bei loser Koppelung versucht man die bestehenden Dienste weiter zu nutzen und durch Schnittstellen zu verbinden. Im Falle der engen Koppelung versucht man aus den bestehenden, zu koppelnden Softwaresystemen Dienste herauszulösen – zu isolieren – und diese herausgelösten Dienste allgemein zur Verfügung zu stellen. Das Verfahren der engen Koppelung ist nur scheinbar sehr aufwendig; es erspart die redundante Datenhaltung. Dadurch reduziert sich die Fehleranfälligkeit – bei der losen Koppelung verursacht durch die Vielzahl der zu schaffenden Datenschnittstellen.

Ist die Integration auf technischer und auf Systemebene geplant und ausgeführt, kann nun auch die Systemintegration von WFM und CSCW auf der Anwendungsebene erfolgen. Hierbei ist jedoch davon auszugehen, dass im CSCW- System keine formale Beschreibung und damit Verwaltung von Daten und Informationen zur Ablaufsteuerung nötig ist. Deshalb ist im Fall einer Integration CSCW auch als die Erweiterung von WFM interpretierbar. Die führende Rolle übernimmt also das WFM- System, aus dem heraus eine CSCW- Anwendung gestartet werden kann, die zur Bearbeitung nicht oder schwer formalisierbarer Workflows benutzt wird. Die Ergebnisse der Bearbeitung dieser „informellen“ Subworkflows können nach Beendigung der Kooperation durch die Nutzer mit Hilfe von Templates oder Mustern formalisiert werden und stehen somit im WFM – System zur Verfügung.

3.5 Beispiel für ein Modell der Kooperationsmodellierung

Im folgenden Beispiel soll in Anlehnung an Jablonski (vgl. [25]: S 386 ff) ein Vorschlag zur Integration von CSCW- Anwendungen in ein WFM- System erarbeitet werden. Fokus ist die Unterstützung formalisierbarer und wenig formalisierbarer Planungs- und Entwurfsprozesse.

3.5.1 Modellebenen

Als ersten Schritt zur Formalisierung werden drei Kooperationsebenen eingeführt:

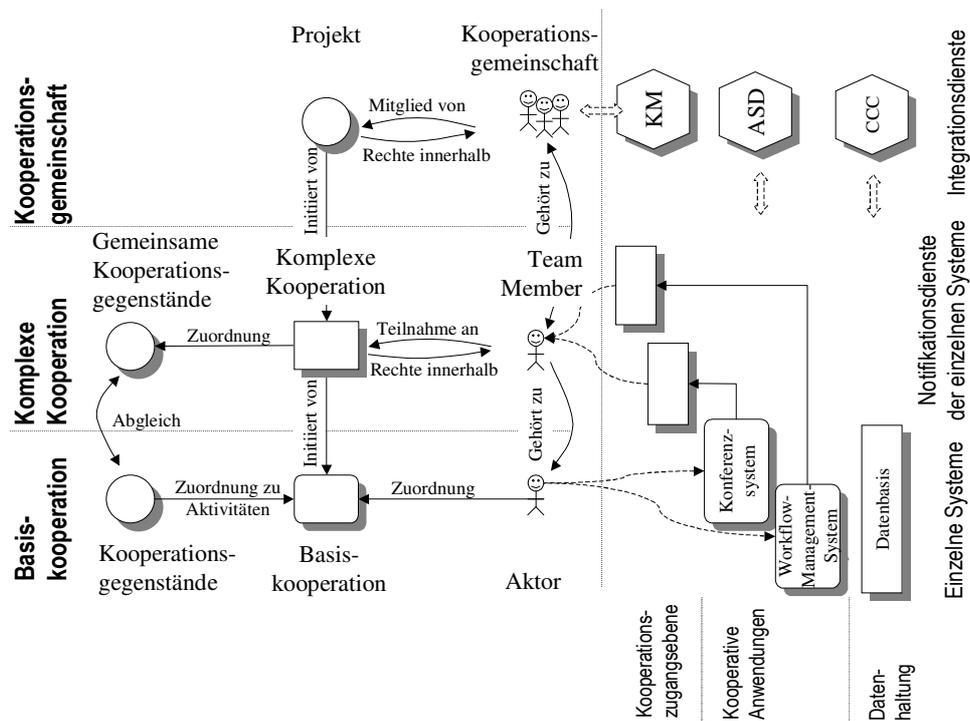


Abbildung 23: Mögliche Ebenen und Komponenten in Kooperationsystemen

BASISKOOPERATIONEN:

Diese Ebene repräsentiert die einzelnen CSCW- Anwendungen. In den Basis Kooperationen muss es möglich sein, *Aktoren* und *Kooperationsgegenstände* zu definieren. Teilnehmer sind Aktivitäten und diese wiederum den Kooperationsgegenständen zugeordnet.

KOMPLEXE KOOPERATION:

Komplexe Kooperationen bestehen aus Basis Kooperationen. Jede Basis Kooperation gehört zu genau einer komplexen Kooperation. Aus der Menge aller *Aktoren* wird die Teilmenge der „*team members*“ gebildet – also der Teilnehmer, die an einer komplexen Kooperation beteiligt sind. Die Rechteverwaltung wird für komplexe Kooperationen kontextbezogen (oder projektspezifisch) vorgenommen. Im Gegensatz zu WFM, in denen ein detailliertes Organisations- und Rollenmodell modellierbar ist, werden in CSCW- Anwendungen nur Zugangsverfahren definiert; d.h. „*team members*“ können einem Vorgang jederzeit über einen „*offenen Zugang*“ beitreten, über einen „*halboffenen Zugang*“ zur Teilnahme eingeladen werden oder bei „*geschlossenem Zugang*“ von einem Vorgang ausgeschlossen werden. Innerhalb der komplexen Kooperation bearbeiten die „*team members*“ gemeinsame *Kooperationsgegenstände*.

KOOPERATIONSGEMEINSCHAFT:

Die Ebene der Kooperationsgemeinschaft bildet gewissermaßen die äußere Schale des Systems. In ihr sind alle „Akteure“ zusammengefasst, die eine „komplexe Kooperation“ initiieren können bzw. an ihr teilnehmen können. In einem „Rechtesystem“ wird dieser „Aktivitätsspielraum“ definiert. Zusätzlich sollte in dieser Schicht ein Notifikationsdienst integriert sein.

3.5.2 Elemente und Relationen

Die Ebene der Kooperationsgemeinschaft bildet als äußere Schale gleichzeitig die Zugangsebene zu den Kooperationen. Mittels einer „Kooperationsmanagers“ (KM) können die Definition und die Verwaltung der Kooperationen vorgenommen werden. Die im Kooperationsmanager vorgenommenen Definitionen werden an den „Aktivitäten-Steuerungsdienst“ (ASD) der Ebene der komplexen Kooperationen weitergegeben. Dieser steuert den Aufruf der einzelnen Basiskooperationen und benutzt dazu sogenannte Wartebeziehungen.

Wartebeziehungen definieren sich aus Zustandsänderungen von Ereignissen. Analog wie in ARIS (vgl. Abschnitt 2.5.2) externalisiert auch Jablonski (vgl. [25], S. 391) Zustände durch Ereignisse. Das führt zur Festlegung der ersten Voraussetzung; nämlich dass eine Basiskooperation durch eine wohldefinierte, disjunkte Menge von Ereignissen E_i charakterisiert werden kann.

$$E_i \subset E \text{ bzw. } E = \bigcap_i E_i \quad \text{Gleichung 3}$$

Um die Flexibilität der Basiskooperationen nicht einzuschränken schlägt Jablonski vor, dass die Instanz einer Basiskooperation mehrere Zustände einnehmen kann, also mehrere Ereignisse repräsentiert (z.B. Aktion 1 in Bearbeitung, Aktion 2 abgeschlossen). Dies führt nach Meinung des Autors zu unnötig komplexen Prüfbedingungen. Instantiierungen dienen ja gerade der Strukturierung. D.h. jede Instanz einer Basiskooperation sollte zu jedem Zeitpunkt t nur genau einen Zustand einnehmen bzw. ein Ereignis repräsentieren können.

Um nun das Propagieren von Ereignissen und die Abhängigkeiten von Ereignissen festzuschreiben zu können, werden folgende Vereinbarungen getroffen: Eine Wartebeziehung $w_{af,wf}$ der Basiskooperationen af und wf wird durch drei Attribute charakterisiert:

- AF ist diejenige Basiskooperation (aktive Funktion), die gerade ausgeführt wird und auf deren Beendigung die Basiskooperation WF (wartende Funktion) wartet.
- Den „wartenden Prozess“, die Ausführung dieses Zustandes soll verzögert werden und damit wird das Eintreten des Ereignissen $e_{wf} \in E$ verzögert.
- Die Beschreibung des Übergangs von Funktion (oder Prozess) zu einem Ereignis(oder Zustand) erfolgt durch die Zuordnung(sfunktion) $\Phi : F \Rightarrow E$. Es ergeben sich zwei Teilfunktionen; nämlich Φ_F^b die notwendigen Bedingungen, die zu Beginn der Funktion erfüllt sein müssen, also die Ereignisse, die eingetreten sein müssen, und Φ_F^e das Ereignis, das nach Abarbeitung der Funktion eintreten soll.
- Damit enthält das charakteristische Tupel der Wartebeziehung $w_{af,wf}$ folgende Form:

$$w_{af,ef} \in W \text{ und } w_{af,ef} = (e_{wf}, AF, e_{af}) \quad \text{Gleichung 4}$$

Wenn es möglich sein soll, dass das Eintreten mehrerer Ereignisse Voraussetzung für die Ausführung einer Funktion ist, so müssen einem Wartepunkt mehrere Wartebeziehungen nach Gleichung 4 zuordbar sein. Damit ist die Analogie zwischen den von Jablonski definierten Wartepunkten (vgl. [25], S. 391) und den in ARIS definierten Verknüpfungsoperatoren offensichtlich (vgl. Tabelle 30).

Aus ablauf- und datentechnischer Sicht ist es nunmehr noch nötig, eine Beschreibungsmöglichkeit zu definieren, mit deren Hilfe dargestellt werden kann, wie Ereignisse ineinander überführt werden können. Dazu wird in Anlehnung an Jablonski eine Nachfolger-Relation definiert:

$$\Psi_{wf} : \bigcap e_{af} \Rightarrow e_{wf} \text{ bzw. } \Psi_{wf} \subset E_{af} \times E_{af} \quad \text{Gleichung 5}$$

Auf die differenzierte Darstellung der Nachfolger-Relation unterschieden in direkte Nachfolger und direkte potentielle Nachfolger sowie transitive Hülle aller Zustände die (auch über Zwischenschritte) erreicht werden kann, wird hier nicht eingegangen. Im Sinne einer einfachen Modellbeschreibung kann darauf verzichtet werden, da diese Modellbestandteile berechnet werden können.

3.5.3 Synchronisation der Basiskooperationen

Mit den definierten Elementen und Relationen kann nun die folgende Konsistenzbedingung zur Synchronisation der Basiskooperationen aufgestellt werden. Vorausgesetzt wird, dass nur die unmittelbare Vorgänger-Nachfolger-Relation betrachtet wird.

Eintritt eines Ereignisses:

Ein Startereignis e_{wf} kann nur dann initiiert werden wenn es mindestens ein zulässiges, vollständiges Vorgängerereignis e_{af} gibt oder eine „Vorgängerfunktion“ im Wartezustand ist, d.h. ein Ereignis $e_{wf'} \neq e_{wf}$ im Wartezustand ist. Damit gilt:

$$e_{wf} \text{ kann eintreten} \Leftrightarrow \exists e_{af} \wedge \exists e_{wf'} \text{ mit } e_{af} \in \Psi_{wf} \quad \text{Gleichung 6}$$

3.6 Informationsräume

Informationsräume sind eine entscheidende Stufe auf dem Weg zum Wissensmanagement. Neben der reinen Archivierungs- und Klassifikationsfunktion erlauben neue Darstellungsformen und –werkzeuge neue Zugangsmöglichkeiten zu Informationen. Die nichtlineare Anordnung von Information in Hypertextsystemen ist ein Beispiel dafür.

3.6.1 Informationsräume und Problemlösungsstrategien

Hypertextbasierte Informationsräume können auch zur Protokollierung von wenig formalisierbaren Aktivitäten benutzt werden, wie sie beispielsweise zum Lösen von Entwurfskonflikten koordiniert werden müssen. Als allgemeine Modellierungsgrundlage für Hypertextsysteme gelten Knoten-Kanten-Modelle. Über deren prinzipiellen Aufbau kann sich der Leser im Anhang informieren.

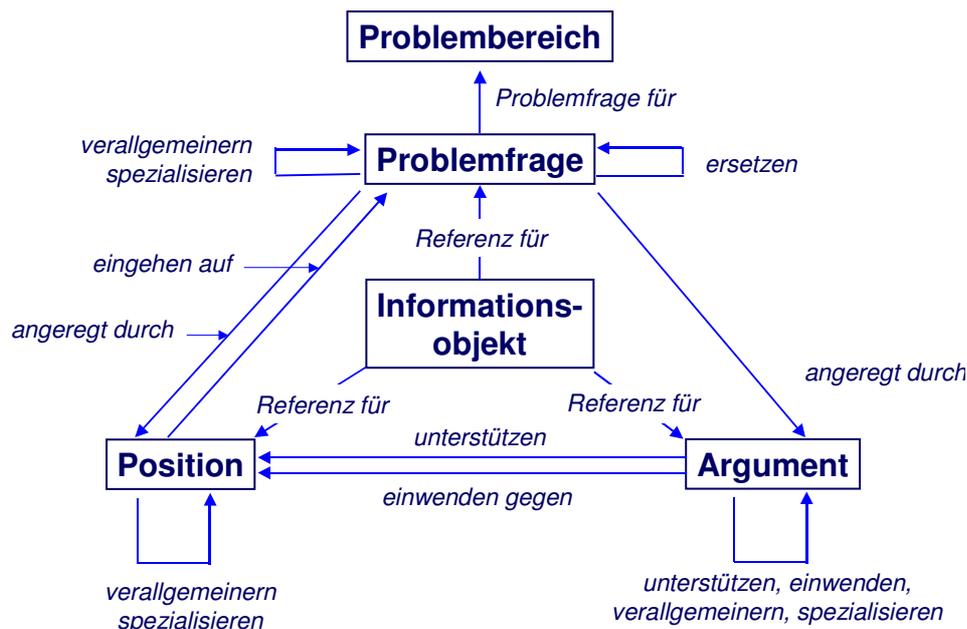
In den bisher beschriebenen Modellansätzen war es nur möglich eine Knoten-Kantenstruktur zu beschreiben. Die Reihenfolge, in der Knoten durchlaufen werden sollen, konnte nicht modelliert werden. Borghoff und Schlichter beschreiben deshalb in [8] S. 331 das Trellis-Modell. Dieses Modell basiert auf Petri-Netzen und ist somit in der Lage, gerichtete Pfade in Netzstrukturen zu beschreiben. In der Literatur sind weiterführende Anwendungsmöglichkeiten beschrieben, so z.B. die Anwendung zur Formalisierung von Koordinationsstrukturen durch die Ergänzung um den Faktor Zeit. Damit stehen Modelle zur Verfügung, mit deren Hilfe man Entwurfspfade eindeutig protokollieren und auswerten kann. Im folgenden soll nun eine Methode erläutert werden, die eine Integration der Steuerung und Koordinierung mittels definierter Sprechakte und der Protokollierung mittels Referenzen zu Informationsobjekten (Knoten) ermöglicht.

Als eine Methode zur Modellierung von Informationsräumen in Problemlösungsumgebungen stellen Borghoff, Schlichter ([8] S. 332) die IBIS-Methodik vor. Sie geht auf Untersuchungen von Rittel und Webber im Jahre 1973 zurück. IBIS steht als Kurzform für „Issue-Based-Information-System“. Mit der IBIS-Methodik soll die Untersuchung formal nicht eindeutig beschreibbarer , komplexer Probleme der Lösungsfindung in Planung , Entwurf und Entwicklung unterstützt werden. Änderungen der Dimensionen Zeit, Ressourcen und des Kontexts sind die Ursache für die ungenügende Formalisierbarkeit bzw. die Komplexität der Beschreibungen.

Da keine algorithmenbasierte Beschreibung des Problems möglich ist, werden Heuristiken als Lösungsansatz benutzt. In einem Frage-Antwort-Szenario wird in IBIS der Problemlösungsraum ergründet und ist iterativ immer besser beschreibbar. Die IBIS-Architektur ist in Abbildung 24 dargestellt. Sie besteht aus den Knotentypen Problemfrage, Position und Argument.

Die Verbindungstypen zwischen den einzelnen Knoten bilden das Analogon zu Sprechakten (vgl. dazu Pkt. 2.2.2). Folgende Sprechakte sind bisher definiert:

- „eingehen auf“ / „angeregt durch“,
- „verallgemeinern“ / „spezialisieren“,
- „ersetzen“ / „angeregt durch“,
- „unterstützen“ / „einwenden gegen“



Beispiel für Verbindungstypen bei der IBIS-Methodik

Abbildung 24: Prinzipdarstellung der IBIS-Methodik
(nach [8] Abb. 6.20 S. 333)

Die IBIS-Methode ist durch folgende Charakteristika gekennzeichnet:

- Hypertextstrukturen sind modellbasiert; Navigationsmöglichkeiten erleichtern die Arbeit.
- Der Prozess der Lösungsfindung wird dokumentiert. Die Verbindung zwischen Positionen und Argumenten werden nachvollziehbar verwaltet.
- Die Informationen können verteilt abgelegt sein. Man geht von asynchroner Bearbeitung aus.
- Die IBIS-Methodik unterstützt besonders folgende Gruppenprozesse:
 - Entscheidungsfindung in der Gruppe
 - Strukturierung der Interaktion zwischen Gruppenteilnehmern
 - Informationsverwaltung von Gruppen

Informationsräume für den Informationsaustausch von Interessengruppen, sog. „communities“, soll im Rahmen dieser Arbeit nicht betrachtet werden. Da man „communities“ u.a. zuschreibt, dass sich in ihnen die Kommunikationspartner nicht zwingend kennen müssen, die Interaktion zwischen den Kommunikationspartnern eher zufällig als zielgerichtet abläuft und „communities“ in der Regel über kein gemeinsames Ziel verfügen, fehlen hier wesentliche Eigenschaften für rechnergestützte Gruppenarbeit in (virtuellen) (Bau)unternehmungen. Eine weitere Betrachtung derartig gekennzeichnete Informationsräume scheint im Rahmen dieser Arbeit nicht zweckmäßig.

3.7 Aspekte des Wissensmanagements im Bauwesen

Gemeinsam nutzbare Informationen sind ein wesentliches Charakteristikum von Gruppenarbeit. Über gemeinsam nutzbare Informationen ist es möglich, Zwischen- und Endergebnisse der Gruppenarbeit persistent zu speichern; Ablauf, Abhängigkeiten und Randbedingungen von Lösungswegen zusätzlich zu den Ergebnissen verfügbar zu haben und einen Kommunikationsprozess im Sinne eines Wissens- und Technologietransfers zu initiieren.

3.7.1 Wissensorganisation - Übersicht

Der Abschnitt begann mit einer kurzen Übersicht zu den technisch geprägten, formalen Beschreibungsmöglichkeiten von Informationen, größtenteils erläutert am Beispiel der Hypertextsysteme. Erst durch die kontextbezogene Bewertung von Information wird aus dieser Information Wissen. Im nun folgenden Abschnitt wollen wir die Organisation von Wissen in betrieblichen Organisationen betrachten. Diese Betrachtung geht weit über den technischen Rahmen hinaus. Es soll damit deutlich gemacht werden, dass Wissensorganisation in keinem Fall mit technischen Mitteln allein gelöst werden kann. Das folgende Zitat eines Gedankens von Thomas H. Davenport, entnommen aus [63]: Röhl, S. 161, soll diesen Gedanken untermauern:

„Our vast, unapplied deposits of corporate knowledge and information have little power when they are tucked away in reports, file drawers and databases. Organizations today do not lack information. They lack the tools to get the right information to the right people at the right time.”

Natürlich ist es nicht möglich, die vorhandenen Instrumente zur Wissensorganisation in Unternehmen vollständig zusammenzustellen und jedes einzelne umfassend zu erläutern und zu bewerten. Es geht vielmehr in diesem Abschnitt um das Abstecken des Rahmens, in dem sich die dv-technischen Möglichkeiten der Wissensorganisation einordnen können.

Um die Einordnung der einzelnen Instrumente zu vereinfachen, wird sich anfangs der von Röhl (vgl. [63], S. 162 ff) benutzten Klassifikation bedient. Dieser gliedert in die im Tabellenkopf von Tabelle 8 dargestellten sechs Funktionsgruppen. Die Klassifikation sowie die von ihm vorgenommenen Charakterisierungen vernachlässigen allerdings die anwendungsbezogenen Aspekte der DV-Technik. Bei den mit Fettdruck hervorgehobenen Instrumenten sollen im Rahmen dieser Arbeit die DV-Aspekte näher erläutert werden.

Tabelle 9: Klassifikation der Instrumente der Wissensorganisation
nach Röhl [63] S. 163. (fett hinterlegt sind IT-relevante Instrumente)

	Personen bez. Instrumente	Arbeitsbezogene Instrumente	Problemlösungs- bez. Instrumente	Kommunikations- bez. Instrumente	Instrumente der räumlich- organisatorischen Infrastruktur	Instrumente der technische Infrastruktur
Austrittsbarriere	X					
Eignungsdiagnostisches Verfahren	X					
Karriereplanung	X					
Training	X					
Coaching Monitoring	X					
Action Training	X					
Lernlaboratorium		X				
Lernstatt		X				
Gruppenarbeit		X				
Job Enlargement		X				
Job Rotation		X				
Job Enrichement		X				
Projektorganisation		X				
Qualitätszirkel		X				
Handbuch / Lerntext		X				
Verbesserungsprogramm			X			
Gelbe Seite			X			
Wissenskarte			X			
Mikroartikel			X			
Balanced Scorecard			X			
Kreativitätstechnik			X			
Checkliste / Leitfrage			X			
Mikrowelt			X			
Rollenspiel			X			
Planspiel			X			
Systemsimulation			X			
Szenariotechnik			X	X		
Metapher			X	X		
Storytelling				X		
Interview				X		
Therapeutisches Gespräch				X		
Dialog				X		
Leitbild / Vision				X		
Kommunikationsforum				X	X	
Think Tank / Kompetenzzentrum					X	
Knowledge Broker					X	
Learning Journey					X	
Space Management					X	
Intranet						x
Expertensystem						x
Datenbank						x
Organizational Memory						x
Internet						x

3.7.2 IuK-Infrastruktur zur Wissensorganisation

In der von Röhl (vgl. [63], S. 154 ff) vorgenommenen Klassifikation und der darauf aufbauenden Bewertung wird vollkommen vernachlässigt, dass die angegebenen Instrumente der Wissensorganisation miteinander genutzt werden und nicht separat. Datenbanken werden heute zunehmend als verteilte und damit vernetzte Datenbanken implementiert. Expertensysteme verfügen über Datenbanken, um das ihnen innewohnende Regel- und Faktenwissen abzuspeichern. Außerdem werden DV-Basistechnologien zur Implementierung weiterer Instrumente des technischen Wissensmanagements genutzt. Einige von Röhl herausgearbeitete Aspekte sind jedoch für die weiteren Gedanken in dieser Arbeit betrachtenswert.

So erwähnt Röhl eine Reihe von Studien aus der Mitte der achtziger Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts, welche die mangelnde Fähigkeit der DV-Werkzeuge kritisieren, Informationen zu interpretieren und nicht nur bereitzustellen. Abhilfe kann heute unter anderem die in Punkt 2.6 beschriebene Data Warehouse Technologie schaffen. Die ebenfalls von Röhl kritisierte Substituierung natürlicher, sozialer Kommunikation versucht man derzeit durch den zielgerichteten Einsatz verschiedenster Kommunikationswerkzeuge auszugleichen. So gilt die Integration von CSCW - Werkzeugen, insbesondere von Videokonferenzsystemen oder Diskussionsforen in Workflowmanagement-Umgebungen als ein möglicher Lösungsansatz in formal strukturierten Arbeitsabläufen die Möglichkeit von informellen Problemlösungsmethoden bzw. Ablaufsteuerungen zu integrieren und so für die Beteiligten mehr Freiräume zu schaffen.

Dem dritten Kritikpunkt - Begünstigung des organisatorischen Konservatismus durch Festschreibung bestimmter Modelle und Abläufe in der DV-Technik – versucht man mit neuen Methoden im Software Engineering zu begegnen. Musterbasierter Softwareentwurf und Agententechnologie sollen hier als Stichworte genannt sein.

Bezüglich der Nutzung von Datenbanken führt Röhl folgende Kritikpunkte an (vgl. [63], S. 169 ff):

- Der Grad der nötigen Formalisierung von Wissen, um es in Datenbanken ablegen zu können, ist zu hoch.
- Hinzu kommt, dass Datenbankinformationen unter Umständen mehrfach verändert sind. Die vor der Ablage in Datenbanken vorgenommene Verschriftlichung von Wissen stellt bereits eine Stufe der Veränderung dar.
- Der Effekt des „absoluten Vertrauens in die Datenbank“. Wissen in funktionierenden Datenbanken erlangt den Status der Exklusivität bzw. Wissen außerhalb der Datenbank wird misstraut.
- Mangelnde Ausbildung kreativer Arbeits- und Rechartechniken, da nur noch auf „Datenbankwissen“ zurückgegriffen wird. Gespeichertes Wissen in Datenbanken hat jedoch immer einen Bezug zu Raum, Zeit und Person(en).

Ergänzend zum letzten Gedanken sei noch angemerkt, dass eine ganze Reihe von Autoren vor dem „Einfrieren“ von Wissen warnen. Im Gegensatz interpretieren diese Autoren „Vergessen“ als eine Grundfunktion organisationalen Lernens (Nystrom/Starbuck 1984, McGill / Slocum 1993 in [63]: Röhl, S 172) und damit eine Chance für Innovation und neue Lösungen in der Unternehmung.

Unter dem Schlagwort „*Organizational Memory*“ wird eine spezielle Gruppe von Datenbank Anwendungen bezeichnet, deren Ziel es war, als vernetztes Assistenzsystem die Sammlung und Nutzung von Wissen in Organisationen zu erleichtern. Die Umsetzung der Idee des „*Organizational Memory*“ scheiterte meist an der notwendigen Digitalisierung des unternehmensweit verfügbaren Wissens. Der Aufwand zur Bearbeitung vorhandener, analoger Wissensbasen wird als zu groß eingeschätzt. Seitens der Entwickler sollte hier eine evolutionäre Vorgehensweise propagiert werden, um keine zu hohen Erwartungshaltungen im Unternehmen zu erzeugen.

Auch Expertensysteme werden von Röhl (vgl. [63], S. 175) bezüglich ihrer Eignung als Instrument der Wissensorganisation kritisch bewertet.

„Expertensysteme werfen jedoch bisher mehr Fragen auf, als sie Antworten liefern. Sie können als „overhyped field“ der Wissensorganisation gelten,....“

Konkret werden drei Kritikpunkte aufgeführt: Totalitätsanspruch, Explikationsproblematik und Inflexibilität der Systeme. Insbesondere der Totalitätsanspruch wird von Röhl durch zahlreiche Literaturstellen belegt.

Im Rahmen dieser Arbeit sei besonders darauf verwiesen, dass es sowohl technisch als auch methodisch nicht einfach ist, eine genügend flexible Architektur für Expertensysteme zu entwerfen, die es schnell und unkompliziert ermöglicht, verschiedene Teilsysteme im Rahmen eines virtuellen Unternehmens zu integrieren.

Generell bestehen zwei wesentliche Kritikpunkte zu Informations- und Kommunikationssystemen:

- Die Aufarbeitung der Wissensbasis ist zu aufwendig.
- Die Suche nach Wissensinhalten ist trotz Suchmaschinen immer noch zu zeitintensiv und zu wenig strukturiert.

3.7.3 Atechnische Wissensorganisation

3.7.3.1 Beispiel des „Sich selbst Einbringens, Gestaltens“

Die Konzepte „Think Tank / Kompetenzzentrum“ und „Knowledge Broker“ sind beides Konzepte der Organisationsgestaltung. Kompetenzzentren sind eine räumliche und strukturelle Bündelung von Wissensarbeit, so z.B. durch die Schaffung von Stabsstellen, externen Einheiten wie „Inhouse-Universitäten“ oder Aufbau – und Ablauforganisation überlagernde Einheiten. Durch die themenbezogene Konzentration werden Lern- und Entwicklungsprozesse initiiert, die nur im Team möglich sind und nicht vom Einzelnen erbracht werden können. Durch die Schaffung abweichender Strukturen für diese Kompetenzzentren und die bewusste Abkoppelung vom Tagesgeschäft wird andererseits der Wissenstransfer zurück in das Unternehmen erschwert (vgl. [63]: Röhl, S. 181)

Handelt es sich bei Kompetenzzentren um eine Bündelung der Wissensarbeit in Teams, so stellt die Form des „Knowledge Brokers“ eher eine auf Einzelpersonen bezogene Lösung dar. Hierbei handelt es sich um von der Organisation bewusst eingerichtete Stellen. Ziel der Stellen ist es, innerhalb der Organisation für spezifische Problemstellungen zwischen potentiellen Wissensträgern und potentiellen Nutzern des Wissens zu vermitteln. Die Gefahr besteht bei diesem Instrument der Wissensorganisation in der Konzentration des „Meta“-Wissens auf eine Person und dem möglichen Profitieren aus diesem „Herrschaftswissen“. Andererseits besteht bei dieser Form der Wissensorganisation der Vorteil der Anwendung einer homogenen Struktur zur Klassifikation, zur Ablage und zur Recherche.

Der Vollständigkeit halber soll hier noch die Form der „learning journey“, dem zeitweisen Wechsel von Akteuren bzw. Gruppen in eine andere Umgebung mit einem für die Wissensorganisation ergiebigen Hintergrund, erwähnt werden. „Learning journeys“ dienen jedoch nicht dem Erwerb sogenannter „soft skills“ wie z.B.: Teamfähigkeit. Zur Aneignung von „soft skills“ dienen sogenannte „outdoor trainings“.

3.7.4 Wissensorganisation und Kommunikation

Innerhalb dieser Gruppe von Instrumenten zur Wissensorganisation wird die natürliche Kommunikation als Mittel zum Wissenstransfer untersucht.

Kommunikationsforen können in verschiedenen Formen und mit unterschiedlicher Dauer abgehalten werden. Sie können einerseits den informellen Informationsaustausch befördern. Eine Formalisierung ist möglich (Einladung, Protokoll, Kontrolle der protokollierten Festlegungen). Foren haben das Potential organisationale Wissensinseln zu integrieren. Wichtig ist eine balancierte Auswahl des Teilnehmerkreises, um dessen Heterogenität und damit die Grundlage für die Entwicklung fachübergreifenden Wissens sicherzustellen. Gelingt es nicht, einen ausbalancierten Teilnehmerkreis auszuwählen, besteht die Gefahr des Aufbaus von Kommunikationsbarrieren. Gerade die Möglichkeit und Notwendigkeit des ausbalancierten Teilnehmerkreises ist in unmoderierten, öffentlichen, elektronischen Kommunikationsforen nicht sicher gestellt.

Die Instrumente Dialog, Interview und therapeutische Gesprächstechnik sollen im Rahmen der Arbeit nicht weiter betrachtet werden. Der interessierte Leser sei hier beispielsweise auf Röhl (vgl. [63] S. 207 bis S. 213) verwiesen.

„*Storytelling*“ und „*Metapher*“ helfen Wissen durch Vereinfachung bzw. durch Analogien zu vermitteln und zu verbreiten. Sicher ist es vorteilhaft sich eines vereinfachten Kontextes zu bedienen, um Wissen auch über längere Zeiträume oder innerhalb eines großen Publikums zu transformieren. Eine gut erzählte Geschichte ist sicher einprägsamer als perfekt erarbeitete Verwaltungsvorschriften oder Handbücher. Der Nachteil von „*Storytelling*“ und „*Metapher*“ liegt demgegenüber in der Notwendigkeit zur Interpretation und somit der Mehrdeutigkeit. Rechnergestütztes Arbeiten kann einerseits bei der Verbreitung der Geschichten hilfreich sein (Nutzung beim Web-Auftritt eines Projektes, einer Organisation); andererseits kann die rechnergestützte Präsentation einer Metapher den Nutzer zielgerichtet auf eine gewünschte Interpretationsform hinführen.

Leitbilder und Visionen können als eine Ausprägung kollektiven Wissens in Organisationen bezeichnet werden (vgl. [63]: Röhl, S. 217), wenn auch auf einer sehr allgemeinen, abstrakten Stufe. Leitbilder sind demzufolge wieder interpretationsfähig. Neben der Gefahr der Fehlinterpretation liefern sie aber auch genügend Flexibilität zur Interpretation durch Teams entsprechend konkreter betrieblicher bzw. projektbezogener Randbedingungen. Neben der motivierenden, identitätsstiftenden Wirkung von Leitbildern besteht aber auch die Gefahr der Demotivation bzw. dem „Einfrieren“ eines Wissensstandes durch nicht regelmäßig überarbeitete, auf die aktuelle betriebliche Situation angepasste Leitbilder. Werden die Mitarbeiter nicht genügend in die Erarbeitung von Leitbildern einbezogen, können diese als „übergestülpt“ oder wesensfremd empfunden, also nicht angenommen werden und sich somit hemmend auf den Wissenstransfer auswirken.

Leitbilder und Visionen können rechnergestützt einem breiten Nutzerkreis in Intranet und Internet zugänglich gemacht werden. Bei Beachtung der o.g. Randbedingungen können sie somit als Mittel zur Orientierung bei der Organisation der Zusammenarbeit in einem Team, zwischen Teams oder mit externen Organisationen dienen. Insbesondere bei der Integration von Einzelpersonen bzw. Projektgruppen in sogenannte „*Virtuelle Organisationen*“ kann die rechnergestützte Verfügbarkeit von Leitbildern und Visionen sehr hilfreich sein.

3.7.5 Problemlösungsbezogene Instrumente der Wissensorganisation

In der strukturierten Organisation und Erfassung sowie der Systematisierung des Zugriffs auf eine Wissensbasis liegen die gemeinsamen Charakteristika der in diesem Klassifikationskriterium zusammengefassten 12 Instrumente der Wissensorganisation (vgl. Tabelle 9).

3.7.5.1 SIMULATIONSPRINZIP

Das Prinzip der Simulation ist die Grundlage für mehrere Instrumente der Wissensorganisation insbesondere der Wissensentwicklung, so z.B. der Szenariotechnik, der Systemsimulation, der Mikrowelt, dem Rollenspiel oder dem Planspiel. Für die Behandlung von Problemstellungen die durch eine hohe Komplexität und Unsicherheit gekennzeichnet sind, eignet sich die Szenariotechnik besonders gut.

Die Szenariotechnik kann in mehrere Prozesse gegliedert werden:

- Wissensidentifikation innerhalb und außerhalb der Organisation durch Experten.
- Modellbildung – Wissen wird geteilt und gemeinsam entwickelt.
- Alternativen werden entwickelt.
- Bewertung der Alternativen im Dialog.
- Schaffung gemeinsamer Sprachregelungen

Die wissensspezifische Funktion der Szenariotechnik wird in Röhl [63] S. 222 als „Organisationsleistung für Steuerungswissen“ charakterisiert. Röhl hat ebenfalls eine ganze Reihe von Literaturstellen mit kritischen Anmerkungen zur Szenariotechnik zusammengestellt. Einerseits wird die nur mittelbare Handlungsrelevanz der erarbeiteten Ergebnisse kritisiert.

„Zu wissen, was in Zukunft sein kann, bedeutet nicht gleichzeitig, zu wissen, was getan werden muss.“ (Preissler et al 1997 aus [63]: Röhl, S. 222).

Andererseits ist es schwer, die bewusst in einer kreativen Atmosphäre, frei von Zwängen des Organisationsalltages, erarbeiteten Ergebnisse unmittelbar in die anschließende konkrete Projektarbeit zu übernehmen.

Beim Instrument (nicht dem Prinzip) der Systemsimulation wird durch die Teilnehmer ein Systemmodell als Ergebnis eines Gruppenprozesses erarbeitet. Die Formulierung der Modellbeschreibung sowie zugehöriger Variablen, die auf die Fragestellung einwirken, geschieht in Form strukturierter Kommunikationsprozesse. Im sich anschließenden eigentlichen Simulationsprozess werden die Variablen systematisch verändert und somit die Hypothesen und Annahmen der einzelnen Teilnehmenden verifiziert. Der so initiierte Dialog zu Modellstruktur, Variablen und Vernetzung der Variablen hilft, in der Gruppe ein gemeinsames Problemverständnis zu entwickeln. Als wichtigen Kritikpunkt am Instrument der Systemsimulation führt Röhl (vgl. [63], S. 225) ein Zitat des langjährig an der Carnegie Mellon University Pittsburgh lehrenden Nobelpreisträgers Herbert Simon an:

„Die Systemsimulation steht vor dem Problem, dass die einzig interpretierbaren Systemabbildungen verglichen mit der Komplexität der Systeme, die es zu verstehen gilt, banal und unvollständig sind.“

Mikrowelten sind eine weitere Form computergestützter Simulation. Sie waren anfänglich nur als Lernumwelten für Kinder bekannt. Mikrowelten zielen darauf ab, dass der zeitlich und räumlich begrenzte Simulationsraum in einer Metareflexion durch die Nutzer bzw. Teilnehmer der Simulation mit der Umwelt in Beziehung gesetzt wird. Die so entwickelte These, wie das simulierte Modell funktioniert, wird aktiv in das Simulatormodell übertragen. Der Nutzer wird also durch diesen Rückkopplungseffekt motiviert; der Verlauf der Simulation der Mikrowelt dynamisiert sich.

Aufgrund der eng gezogenen Grenzen für die Mikrowelt ist die Einarbeitung in das Modell schnell möglich. Dies ermöglicht das evolutionäre Weiterentwickeln des Modells; etwa durch die Beseitigung von Inkonsistenzen, die Veranschaulichung von Kurz- und Langzeiteffekten durch Veränderung des Zeitfaktors oder das Aufspüren von Effekten durch Veränderung des Raumfaktors.

Wurde bisher bei der Simulation davon ausgegangen, dass Einzelpersonen die Simulationsmodelle analysieren und verändern, so agieren beim Planspiel Gruppen in einem organisationalen Kontext. Beim Planspiel wird der Zyklus von Informations-, Spiel- und Analysephase meist mehrfach von den miteinander kooperierenden oder konkurrierenden Gruppen durchlaufen. Das besondere Charakteristikum der Simulationsart Planspiel ist die Verbindung von Erfahrungslernen und kognitiver Abstraktion. Die dem Planspiel innewohnende Verbindung zwischen aktiven Handeln und reflektierenden Phasen befördert die Bereitschaft zu Veränderungen im Handeln von Personen und Organisationen. Ebenso kann in der Phase der Reflexion neues Wissen generiert werden. Bei der Gestaltung des Spielszenarios für Planspiele ist darauf zu achten, dass einmal das Szenario nicht zu komplex gestaltet wird, jedoch zum anderen die Spielumgebung durch zu starke Vereinfachung nicht langweilig wird bzw. kein ausreichendes Potential für Erkenntniszugewinn mehr enthält.

Im Gegensatz zum Planspiel, geht man bei der Simulationsart des Rollenspiels davon aus, dass hier im Kontext der Einzelperson die Systemvariablen gesetzt werden. Maid (vgl. [63]: Röhl, S. 229) stellt schon 1934 fest:

„Reflexiveness [...] is the essential condition within the social process, for the development of the mind“.

Mit anderen Worten: Wenn die Übernahme einer anderen persönlichen Perspektive weiteres Wissen oder Wissen in einem anderen Kontext sichtbar macht, wird durch das Rollenspiel ein Prozess der Wissensentwicklung in Gang gesetzt.

Nicht unerwähnt bleiben soll der Hinweis auf den betont spielerischen Charakter dieser Simulationsform im Vergleich zu Systemsimulation, Mikrowelt und Planspiel. Ein sozialer Aspekt ist es, über die Nutzung dieser Metapher Vorurteile, Ängste usw. bei der Einführung neuer Methoden, Werkzeuge oder Organisationsformen abzubauen.

3.7.5.2 KOMPENDIEN / META-INFORMATIONEN

Unter dieser Überschrift sollen Instrumente der problemorientierten Wissenorganisation zusammengefasst werden, die einen überblicksartigen, zusammenfassenden und teilweise bewertenden Charakter haben. Dies sind: (1) Wissenskarten, (2) Gelbe Seiten, (3) Mikroartikel und (4) Balanced Scorecard.

Wissenskarten geben Orientierung und helfen, in abgelegten Wissensbeständen navigieren zu können. Dieses Verfahren geht wiederum auf einen Gedanken von Herbert Simon zurück, der besagt, dass Personen und Gruppen in Organisationen sich zur Wissensorganisation sogenannter „*mental maps*“ (auch „*mind mapping*“) bedienen. Röhl (vgl. [63]: S. 236) benennt zahlreiche Quellen, die in jüngster Zeit diesen Gedanken wieder aufgegriffen haben und in die Organisationstheorie einfließen lassen. Die große Resonanz ist wohl auch auf die gute Abstrahierbarkeit des Verfahrens zurückzuführen. Kommentare wie der von Robertson [62] S. 88 kolportieren die Methode des „*mind mapping*“ und das Werkzeug der Wissenskarte zu sehr:

„Diagrams are just thoughts with a line around them“.

Ein nicht zu unterschätzender Effekt von Wissenskarten, neben der Wissensabbildung, ist die Schaffung einer homogenen, konsistenten Argumentationsbasis in einer Organisation. In der Literatur werden verschiedene Ausprägungsformen, in Abhängigkeit des Bezuges (z.B.: personen-, orts-, aggregations- oder zustandsbezogen) unterschieden. Unabhängig von der Ausprägungsform erfolgt die Erstellung der Wissenskarten nach Röhl (vgl. [63], S. 238) in den Schritten:

- Erfassung wissensintensiver Prozesse
- Kodifizierung der Wissensträger und –bestände
- Kartierung in einer festgelegten Form

Die Erstellung von Wissenskarten in Organisationen trägt dazu bei, Meta-Wissen zu generieren, da die beteiligten Mitarbeiter zur Reflexion über ihr eigenes Wissen motiviert, ja fast verpflichtet, werden. Die erstellten Wissenskarte(n) stellen eine sehr gute Metapher für den Zugriff auf organisationsinternes Wissen dar. Die Mächtigkeit des Werkzeuges Wissenskarte hat natürlich nicht nur Vorteile bei der Nutzung, sondern birgt auch Gefahren und Nachteile in sich. Röhl [63] S. 237 benennt hier folgende Fakten:

- Wissensenteignung
- Unbeabsichtigte Wissensbewertung
- Unkontrollierter Folgeaufwand

Wissensenteignung ist im Zusammenhang mit der neuen Organisationsform des „Virtuellen Unternehmens“ eher für den einzelnen Mitarbeiter als Nachteil zu interpretieren. Wissen ist nach seiner Externalisierung nicht mehr Privileg für Einzelne, sondern Werkzeug für alle. Damit geht eine Grundlage für das traditionelle Hierarchie- und Rollenverständnis verloren. Personen(gruppen), die sich und ihre Position in der Organisation gefährdet sehen, werden sich möglicherweise der Erstellung von Wissenskarten entgegenstellen oder dies nicht befördern.

Wird Wissen kartiert, so kann sich zusätzlich die Frage ergeben, ob es Organisationsmitglieder gibt, die im Unternehmen eine bedeutende Stellung einnehmen, jedoch der Organisation wenig relevantes Wissen zur Verfügung stellen. Die Beurteilung der Relevanz kann sich jedoch schnell ändern. Als Beispiel soll hier die Umstrukturierung der PREUSSAG AG von einem Mischkonzern in einen Tourismuskonzern genannt werden. Im Mischkonzern war das Wissen der Manager der Stahlsparte sehr relevantes Wissen im Konzern und Teil des Kerngeschäftes. Bei Neuausrichtung des Gesamtkonzerns zum Touristikunternehmen gehörte dieses Wissen nicht mehr zum Kernbereich des Gesamtkonzerns. Für den Fortbestand des Stahlbereiches war jedoch das Wissen zur Stahlproduktion und –verarbeitung (und damit die Wissensträger) nach wie vor wichtig.

Wissenskarten sind nur dann ein wirksames Arbeitsmittel, wenn sie ständig gepflegt und angepasst werden. In der effizienten Organisation dieses Pflegeaufwandes liegt aber zugleich eine der größten Herausforderungen. Beides muss vermieden werden: Einerseits muss die Aktualisierung der Wissenskarten kontinuierlich und für alle Mitarbeiter transparent und erlebbar erfolgen. Andererseits darf die Organisation nicht zu einer Fülle von Richtlinien, Vorschriften und ähnlichem führen.

Übermäßiger Organisationsaufwand führt zur Inakzeptanz bei den Mitarbeitern (Nutzern) und in der Geschäftsleitung, da das Kosten-Nutzen-Verhältnis für die Organisation dann inakzeptabel ist.

Im Bereich der Kompendien sind die sogenannten gelben Seiten ein Hilfsmittel zur systematischen Auflistung von Wissensbausteinen nach verschiedenen Kriterien wie Problemstellung oder Wissensträger. Da hier nur eine Zusammenstellung in Textform erfolgt, ist der Aufwand für die Erstellung geringer. Die Nachteile der gelben Seiten sind analog zu denen der Wissenskarten.

Als weiteres Werkzeug im Bereich Kompendien / Metawissen sollen noch die Mikroartikel genannt werden. Sie liefern eine Kurzfassung zu langen textlichen Abhandlungen. Diesem Instrument liegen zwei Ansätze zugrunde: Einmal wird der Verfasser gezwungen, die Relevanz bzw. den Inhalt einer einzustellenden Wissensquelle kritisch zu bewerten und prägnant darzustellen. Zum anderen wird der Umfang für die Recherche drastisch reduziert. Zusätzlich ist es möglich, für die Erstellung von Mikroartikeln eine Formatierung vorzugeben. Damit vereinfacht sich die kontext-sensitive Auswertung der Mikroartikel.

3.7.5.3 DIREKT BEWERTENDES INSTRUMENT

Als mehrdimensionales Instrument zur Darstellung und Bewertung von Wissen kann die „Balanced Scorecard“ benutzt werden. Darstellbare Perspektiven sind beispielsweise: die finanzielle Perspektive, die Lernperspektive, die Wachstumsperspektive, die Kundenperspektive. Perspektiven können auch miteinander in eine Ursache-Wirkungs-Beziehung gesetzt werden. Als wissensspezifische Implikation benennt Röhl (vgl. [63], S. 245):

- „Balanced Scorecards“ liefern eine Grundlage für den bewussteren Umgang mit der Ressource Wissen
- „Balanced Scorecards“ liefern eine Grundlage für die Optimierung von Prozessen des Wissensmanagements.

Anzumerken bleibt, dass zur Bewertung von Wissen eine Dekontextualisierung stattfinden muss. Wissen über messbare Größen wie Ausbildungszeit, Prozesszeit usw. bewerten zu wollen, täuscht eine Objektivität vor, die diesen indirekten Messgrößen nicht zugeschrieben werden sollte. Weiterhin bleibt anzumerken, dass die bisher benutzten Kennzahlensysteme inhomogene und nicht ausgewogen sind. So kritisiert beispielsweise Röhl (vgl. [63], S. 237) die unterschiedlichen Aggregationsniveaus der verfügbaren Kennzahlensysteme.

3.7.5.4 PROGRAMMATISCHE und KREATIVE INSTRUMENTE

Unter dieser Überschrift sollen Instrumente der problemorientierten Wissensorganisation gegenübergestellt werden, die einen programmatischen bzw. kreativen Charakter haben. Dies sind:

- (1) Checklisten bzw. Leitfragen,
- (2) Verbesserungsprogramme.

Checklisten sind der Versuch, wissensintensive Prozesse in Organisationen durch Standardisierung zu strukturieren. Der Versuch, einen Standard zur Wissensorganisation, zum Problemlösen und zur Wissensgenerierung vorzugeben oder zu entwickeln, ist jedoch fragwürdig. Kreatives Vorgehen wird erschwert, individuelle Problemlösungsstrategien werden behindert – die Gefahr der Entstehung von Dogmatismus ist sehr groß.

Als positive Argumente können einheitliche Sprachregelungen und der Zwang zur objektiveren, gleichwertigeren Begründung von Lösungen und damit zur besseren externen Offenlegung von Ergebnissen der Wissensgenerierung ins Feld geführt werden.

Verbesserungsprogramme zentralisieren und verwerten systematisch Ideen und Vorschläge für die Verbesserung von Produkten und Prozessen. Es handelt sich jedoch um ein organisationsbezogenes Instrument und nicht um ein DV- seitiges. Deshalb soll dieses Instrument der Wissensorganisation nicht weiter betrachtet werden.

3.7.6 Atechnische Wissensorganisation und Architektur

Für das atechische Wissenmanagement spielt die Gestaltung der Architektur eine zunehmendere Rolle. Zentraler Punkt ist, dass nicht nur die Gebäude und Räume flexibel an sich verändernde Organisationsstrukturen mit wenig Aufwand und in kurzer Zeit anpassbar sein müssen, sondern auch die Raumausstattung – also Möblierung und die IuK-Infrastruktur.

Lösungsansätze dazu finden sich im Kapitel 5.2 dieser Arbeit. Dort werden Kriterien zur Gestaltung flexibler Räume entwickelt, die an Hand von Beispielen untersetzt werden.

3.8 Veränderte Paradigmen - Erläutert am Beispiel von „Bauen nach Smart“

Nach allgemein bekannten Erfahrungen aus der Praxis können Planungs- und Bauablauf gestrafft werden ([51] Fuhr). Die Autoren von „Bauen nach Smart“ konzentrieren sich in einem ersten Schritt auf die Untersuchung der Baustelle. Durch die Empfehlung zur Einrichtung von sogenannten Werkgruppen lässt sich der Bauablauf besser organisieren und die Übergänge von Arbeitsgattung zu Arbeitsgattung können vermindert werden. Werkgruppen sind Gruppen von Bauausführenden (Handwerker, Bauunternehmer), die sich branchenübergreifend organisieren.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde bisher die Bauausführung von den Betrachtungen ausgeschlossen. Die Einrichtung interdisziplinärer Gruppen in der Bauausführung und deren Einbeziehung in den Planungsprozess bedingt natürlich eine neue Art von Ausschreibung und von Planungsorganisation. Innerhalb der Arbeit dient die Analyse von „Bauen nach Smart“ als Nachweis der aufgestellten Thesen zur veränderten Organisation von Kommunikations- und Kooperationsprozessen im Bauwesen.

3.8.1 Einführung in „Bauen nach Smart“

„Bauen nach Smart“ ([51] Fuhr) wurde von einer Schweizer Gruppe bestehend aus Architekten, Bauunternehmern, Ökonomen und Juristen entwickelt. Es ist kein theoretisch-wissenschaftliches Modell oder eine rechtsverbindliche Norm. „Bauen nach Smart“ wird vom SIA und SBV als Konzept und Methode, als Motivation und Grundlage für Innovationen im Bauwesen propagiert. Es soll Impulse für eine bessere Zusammenarbeit aller am Bau Beteiligten geben und knüpft an bereits erfolgreich praktizierte Vorgehensweisen an. Innovative Planer und Unternehmer benutzen heute bereits ähnliche Vorgehensweisen, wie z.B. in der sogenannten „laufenden Entwicklung“ oder bei Unternehnergemeinschaften, die gemeinsam Umbau-, Erhaltungs- und Erneuerungsarbeiten durchführen.

Smart basiert auf der Idee, das von Werkgruppen sogenannte Werksangebote pauschal im Rahmen einer Zielvereinbarung erarbeitet werden. Mit der Zielvereinbarung wird die Kostenkontrolle offengelegt und institutionalisiert. Ausschreibungsunterlagen nach „Smart“ basieren stärker auf Plänen und Anforderungskatalogen und weniger auf Leistungsverzeichnissen. Pläne werden als Hauptinformationsträger definiert. Sie müssen deshalb verbindlich sein. Solch ein hoher Grad an Verbindlichkeit kann nur erreicht werden, indem schon in der Planungsphase das Wissen aller am Bau Beteiligten einbezogen und genutzt wird. Demzufolge sind die vier wesentlichen Elemente von „Bauen nach Smart“ (vgl. [51]: Fuhr): die Zielvereinbarung, das Einbeziehen von Unternehmerwissen, die Werkausschreibung und das Ausführen mit Werkgruppen.

Mit Zielvereinbarungen erstellte Ausführungsunterlagen repräsentieren eine spezifische Anwendung von Entwurfsmustern nach C. Alexander ([3], [4]). Architekt oder Ingenieur geben vor WAS geplant ist und geben dem bietenden Unternehmen „Toleranzgrenzen“ für ihre Detailplanung und Angebote vor. Innerhalb dieser Grenzen (Zielvereinbarung) können die Bieter die Realisierung des WIE ausarbeiten. Damit übernehmen Bauausführende ein größeres Maß an Eigenverantwortung und haben die Möglichkeit sich mit ihrer Kompetenz besser einzubringen. Korrekturzyklen werden verringert und Kernkompetenzen genutzt. Abgegebene Angebote unterscheiden sich damit nicht nur im Preis, sondern auch in der Leistung.

3.8.2 Schritt 1: Zielvereinbarung

Zielvereinbarung und Kommunikations- und Kooperationsprozesse stehen in engem Zusammenhang. Einerseits lassen sich aus der Zielvereinbarung Meilensteine für die Ablaufplanung und Grenzen für die zu bearbeitenden Inhalte ableiten. Andererseits ist durch die verbesserten Kommunikationsmöglichkeiten zwischen den Beteiligten die kontinuierliche Weiterentwicklung der Zielvereinbarung möglich. Der Bauherr stimmt seine Ziele im Dialog mit Planer und Bauunternehmer ab und wird von diesen auf Konsequenzen, Probleme und Konflikte hingewiesen. Die so vereinbarten Ziele gelten als Richtschnur während der Projektierung und Werkplanung. Damit ist in allen Phasen (wie z.B.: Planung und Ausführung) den beteiligten Handwerkern und Unternehmen stets transparent, worum es dem Bauherrn geht. Mit der Zielvereinbarung sollen folgende Kriterien beim „Bauen nach Smart“ optimiert werden (vgl.: ([51])):

- **Frühzeitige Beeinflussung der Kosten:**
Die Optimierungsziele werden in der ersten Projektphase festgelegt.
- **Transparenter Projektablauf:**
Bauherr und Planer vereinbaren, dass ein Generalplanerteam gebildet wird. Der Projektablauf, also die wesentlichen Entscheidungen und Meilensteine, wird z.B. in einem Terminprogramm festgelegt.
- **Laufendes Controlling der Zielvorgaben:**
Während der Planung wird kontinuierlich beurteilt, ob die Zielvorgaben erfüllt sind.
- **Höhere Entscheidungsqualität:**
Der Planer erläutert frühestmöglich dem Bauherren, welche Entscheide zu welchen Kosten führen und erhöht damit die Kompetenz des Bauherrn.

Der Bauherr wird beim „Bauen nach Smart“ eng in die Arbeit einbezogen. Seine Entscheidungen beeinflussen den zügigen Ablauf des Prozesses wesentlich. Damit muss er als Laie vom Planungs- und Ausführungsteam in die Lage versetzt werden, sich am Diskussions- und Entscheidungsprozess qualifiziert beteiligen zu können. Der Bauherr benötigt nicht nur Zugang zu den Planungsunterlagen (Dokumentenmanagement), sondern auch Unterstützung bei der Interpretation dieser Dokumente (Groupware). Durch diesen Diskussionsprozess können nicht nur frühe, sondern auch verlässliche, definitive Entscheidungen durch den Bauherrn und sein Planungsteam getroffen werden.

Als Entscheidungsgrundlage dienen nach Fuhr ([51]) die folgenden Informationen:

- | | |
|---|-------------------------------------|
| • Budget und Finanzierungsart | • Rechtliche Verpflichtungen |
| • Raumprogramm für die definierte Nutzung | • Umweltaspekte |
| • Aspekte zur eigenen Vorstellung: <ul style="list-style-type: none">○ Ausdruck des Gebäudes○ Spätere Umnutzungsvarianten○ Prestige | • Betriebs- und Unterhaltungskosten |
| | • Rendite |
| | • Steuerliche Aspekte |

Zielvereinbarungsprozess innerhalb der Methode „Bauen nach Smart“

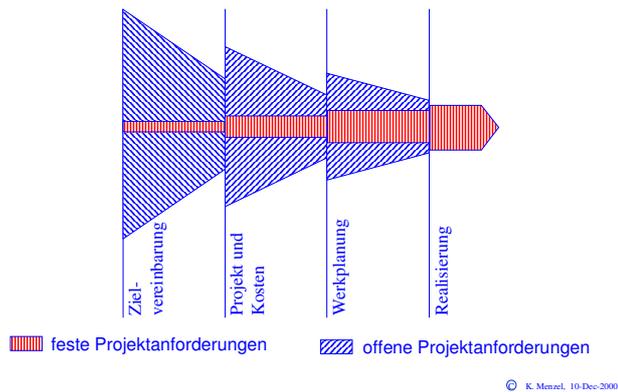


Abbildung 25: Ablauf des Zielvereinbarungsprozess
(nach [51]: Fuhr, S. 29)

Zielvereinbarungsprozess

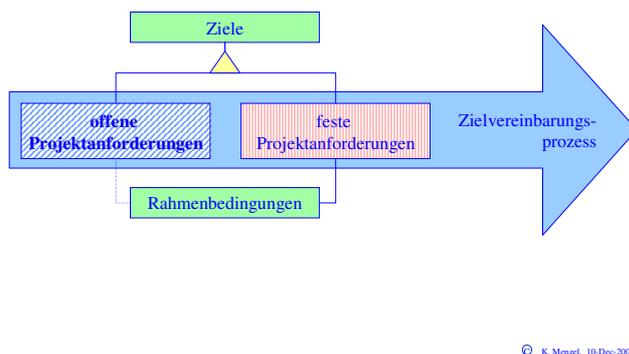


Abbildung 26: Gliederung Zielvereinbarungsprozess
(in Anlehnung an [51]: Fuhr, S. 31)

Beispiel einer Zielhierarchie in Smart

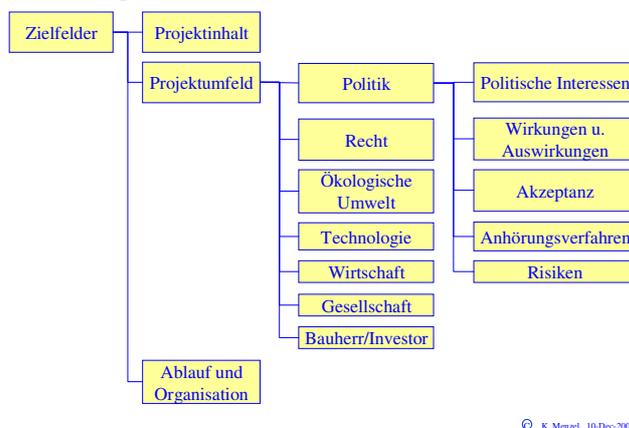


Abbildung 27: Hierarchische Zielformulierung
(nach [51]: Fuhr, S. 30/31)

Die Zielformulierung wird vom Bauherrn und Planer genutzt, um gemeinsam offene und feste Projektanforderungen zu definieren. Diese definieren die Rahmenbedingungen, in denen der Bauherr seine Ziele setzt. Die evolutionäre Strategie zur Projektentwicklung ermöglicht die ständige Optimierung der Zielvereinbarung innerhalb der aktuellen Toleranzgrenzen. Offene Projektanforderungen werden sukzessive in feste überführt oder, mit Einverständnis des Bauherrn, als unerfüllbar aus der Zielvereinbarung gestrichen. Wie in Abbildung 25 dargestellt, beginnt der Prozess der Zielvereinbarung mit der ersten Besprechung zwischen Bauherrn und Planer und endet mit dem Abschluss der Werkplanung. Mit dem Projektfortschritt ändert sich der Anforderungskatalog; an Meilensteinen werden neue Projektanforderungen ergänzt. Projektanforderungen werden gewichtet.

Kosten-, Qualitäts- und Termincontrolling werden über die Werkplanung hinaus weitergeführt.

Die Zielformulierung wird in drei Kategorien (vgl. Abbildung 27) gegliedert:

- Bauwerksbezogene Ziele (ökonomische, funktionale, konstruktive, ökologische, städtebauliche und künstlerische Ziele)
- Projektumfeld-bezogene Ziele (wirtschaftliche, politische und gesellschaftliche Ziele)
- Planungs- und bauablaufbezogene Ziele, (Ansprüche bezüglich Controlling, Qualitätsmanagement oder der Art des Vertrages)

3.8.3 Schritt 2: Projektinhalte und Kosten

Mit der Einigung von Bauherr und Planer auf einen Projektumfang und einen Kostenrahmen innerhalb der Zielvereinbarung stehen die Projektinhalte wie städtebauliche Einordnung, Gestalt, Organisation und Anordnung der Räume, Grundsätze der Materialisierung, technische Ausstattung, Installationsgrad, Betriebsweise und Nutzungsdauer des Bauwerkes fest. Auf deren Basis erfolgt bereits eine Kostenermittlung. Im Verlauf der Projektierung werden laufend weitere Kosteninformationen gesammelt und in die Optimierung einbezogen. Dies sind Kennzahlen wie:

- die Investitionskosten,
- die Betriebskosten und
- die Unterhaltungskosten.

Es werden Diskussionsrunden initiiert, in denen jeweils ein neuer Revisionsstand der Zielvereinbarung mit dem Bauherrn vereinbart wird. Der jeweils erarbeitete Revisionsstand gilt als Leitlinie für weitere Schritte. Es ist ständig der Nachweis zu führen, dass die festen Projektanforderungen erfüllt sind und darzustellen, welche Anforderungen noch offen sind, wie sie das Projekt beeinflussen und wann beabsichtigt ist, diese zu konkretisieren. Die Erarbeitung von Revisionsständen erfolgt so lange, bis keine Anforderungen mehr offen sind. Nach drei Überarbeitungszyklen ist in der Regel das Baubewilligungsverfahren soweit fortgeschritten und die Finanzierbarkeit geklärt, dass der Baubewilligung durch den Bauherrn gefällt werden kann.

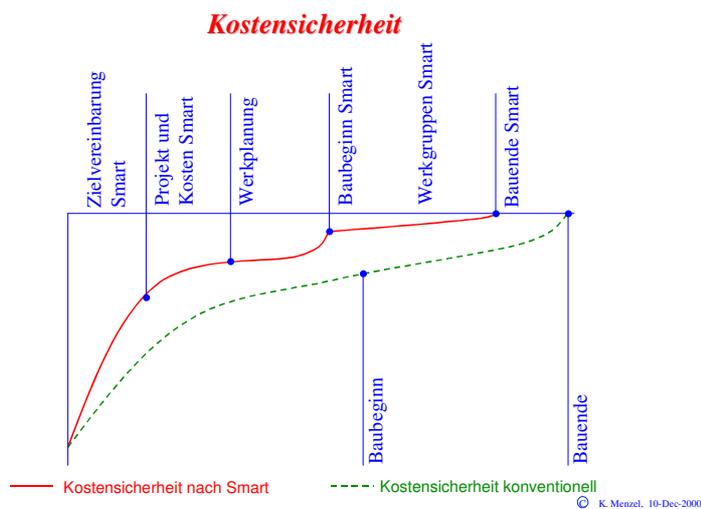


Abbildung 28: Kostensicherheit im Projektverlauf
nach ([51]: Fuhr, S. 38)

Nach der Projektbewilligung und der Bestätigung der Finanzierung sollten Untersuchungen nach weiteren konzeptionellen Varianten entfallen, denn der Bauherr hat sich für ein Baukonzept entschieden. Ab diesem Punkt sollten nur noch Varianten in der Ausprägung von Details innerhalb der festgelegten Toleranzgrenzen diskutiert werden. Vor der Ausschreibung muss außerdem feststehen, welche Probleme noch offen sind und wann sie gelöst werden. Der Architekt oder Ingenieur bildet ein Generalplanerteam und tritt dem Bauherrn gegenüber als Gesamtverantwortlicher auf.

Weitere qualifizierte Unternehmen sind in der Phase „Projektinhalte und Kosten“ einzubeziehen. Ziel ist es, die Kosten genau veranschlagen zu können. Die Unternehmen bringen ihr spezielles Wissen mit ein, um Projektvarianten zu optimieren. Es erfolgt dafür eine Honorierung.

Die Zusammenhänge bezüglich der Kostensicherheit verdeutlicht Abbildung 28.

ERGEBNIS: Das Projekt und die Finanzierung sind bewilligt. Weitere konzeptionelle Variantensuche entfällt. Derart definiert geht das Projekt in die Phase der Werkplanung über.

3.8.4 Schritt 3: Werkplanung

Das Ziel der Werkplanung beim „Bauen nach Smart“ sind definitive **Werkausführungspläne**, die als Basis zur Werkausschreibung dienen. Um dies zu ermöglichen, werden Spezialisten aus verschiedenen Unternehmen im Voraus einbezogen. Der zum Zeitpunkt der Werkausschreibung geforderte hohe Definitionsgrad zwingt Bauherrn und Planer, viel früher als heute üblich, verbindlich über die Bauausführung zu entscheiden. Die Werkplanung erfolgt mit der Absicht, den Bau in Werkgruppen ausführen zu lassen. Entscheidend für den Erfolg eines Smart-Projekts ist, dass Werkleistungen mit klar definierten Planungsdetails ausgeschrieben werden.

Zur Werkplanung gehören die folgenden Aktivitäten:

- Analyse des Bauablaufs
Der veränderten Produktionsweise (Ausführung in Werksgruppen) wird der konstruktive Aufbau des Bauwerks angepasst. Die Analyse des Bauablaufs ist eine Voraussetzung dafür.
- Entwickeln neuer Bausysteme
Die Werkgruppenfertigung fordert und fördert die Entwicklung neuer Bausysteme, durch deren Einsatz die Realisierung rationeller erfolgen kann. Entwicklungszeit und Zeitgewinne in der Ausführung sind gegeneinander abzuwägen.
- Einbeziehen von Spezialisten aus bauausführenden Unternehmen
Das eingebrachte Wissen und die Erfahrung von Spezialisten beschleunigen Planung und Entwicklung. Spezialisten stellen sicher, dass neue Bauteile realisierbar sind und beteiligen sich an der Schnittstellendefinition zwischen Werkgruppen. Ihre Leistung wird honoriert.
- Umsetzen in Planform und Kontrolle
Die Vorschläge werden in Planform umgesetzt. Die Kompatibilität mit der Zielvereinbarung wird überprüft.
- Definitiver Plan zur Ausschreibung
Es werden die Toleranzgrenzen definiert, in denen die Werkgruppen ihr Angebot erarbeiten sollen. Es ist Aufgabe des Architekten oder Ingenieurs, Vorschläge zum Einsatz von Spezialisten und Beratern zu machen, um genau definieren zu können, wann und wie die Toleranzgrenzen geschlossen werden können.

Die folgenden Inhalte sind Ergebnis der Werkplanung nach Smart (vgl. ([51]: Fuhr, S. 45)):

- Werkpläne im Maßstab 1 : 50 und Ausführungsdetails im Maßstab 1 : 20 bis 1 : 1
In den Werkplänen 1 : 50 bis 1 : 1 findet man auch präzisierende Angaben in Textform, so etwa zum Material, zur Qualität oder zu den technischen Anforderungen.
- Anforderungskatalog mit präzisierenden Texten, die in den Plänen keinen Platz finden
- Hauptmassenauszug
- Aufgabenverteilung nach Werkgruppen
- Definition des Zustands bei der Übergabe von Werkgruppe zu Werkgruppe (Schnittstellendefinition)

Inhalt und Gestaltung der Pläne

Bei der Methode „Bauen nach Smart“ liegt das Schwergewicht auf Plänen als zentrale Informationsträger. Das vom Plan repräsentierte Produktmodell wird dabei Schritt für Schritt entwickelt. In seiner endgültigen Fassung beschreibt der Plan viel mehr Details als heute üblich. Ein Plan wird zur bestimmenden vertraglichen Grundlage der Werkausschreibung. Bei der Gestaltung der Pläne sind folgende Kriterien zu berücksichtigen (vgl. ([51]): Fuhr, S. 45):

- Der Plansatz ist übersichtlich und benutzerfreundlich aufzubauen. Verantwortliche sollen sich eine schnelle Übersicht verschaffen können Es wird ein Planbuch angefertigt, welches alle relevanten Pläne enthält, auch diejenigen der Spezialisten.
- Der zu bearbeitende Werkteil, kann je Werkgruppe hervorgehoben dargestellt sein.
- Die Beschreibung von Bauteilen und Details, deren Aufbau oder etwa Angaben über Format und Struktur der Bauelemente sowie bauphysikalische Anforderungen erfolgt im Plan direkt neben dem Werkteil.
- Die Schnittstellen zwischen den Werkgruppen (der Übergabezustand) soll aus den Plänen hervorgehen. Damit soll die künftige Werkgruppe eine Gesamtübersicht in die gestellte Aufgabe erhalten. Vorangehende und folgende Aktivitäten sind in den Plänen darzustellen.

3.8.4.1 Einbeziehung von Wissen bauausführender Unternehmen - Juristische Sicht

In diesem Abschnitt sollen, gewissermaßen als kleiner Exkurs, die Vorstellungen der Autoren von „Bauen nach Smart“ aus juristischer Sicht bezüglich der Einbeziehung von Wissen bauausführender Unternehmen zitiert werden.

„Bauen nach Smart` geht davon aus, daß ein Unternehmer, der über übliche Auskünfte hinaus in der Planungs- und Projektierungsphase beratend beigezogen wird, dafür honoriert wird.

Entsprechend dem Grundsatz, daß die Zielvereinbarung den ganzen Ablauf eines Bauprozesses durchdringen soll, ist im Beratervertrag zunächst festzuhalten, welche Ziele mit dem Beizug des Unternehmers erreicht werden sollen (Zielvereinbarung).

Beteiligt sich ein Unternehmer in der Planungs- und Projektierungsphase, hat er die gleiche Sorgfalts- und Treuepflicht zu beachten wie ein Planer.

„Bauen nach Smart“ geht von der Überlegung aus, daß es einem Unternehmer, der bereits in der Planungsphase beteiligt war, erlaubt sein muß, sich um die Ausführung eines entsprechenden Auftrages zu bewerben.

Es stellt sich deshalb die Frage, ob sich ein Unternehmer, der an der Projektierung oder Planung beteiligt war, an der nachfolgenden Submission der entsprechenden Bauaufträge beteiligen darf. Weiter stellt sich die Frage, ob der Bauherr ein solches Angebot des (planenden) Unternehmers annehmen darf.

Der Gleichbehandlungsgrundsatz wird vor allem dann verletzt, wenn der in der Planungsphase beigezogene Unternehmer bevorteilt wird, indem der Inseratetext der Ausschreibung oder die Ausschreibungsunterlagen auf dessen besondere Fähigkeiten ausgerichtet werden. Oder indem bei der Formulierung nicht berücksichtigt wird, daß dieser Unternehmer allenfalls einen Wissensvorsprung gegenüber seinen Konkurrenten aufweist.“

3.8.5 Schritt 4: Werkausschreibung

Bietergemeinschaften sind die Adressaten von Werkausschreibungen. Ausschreibungsunterlagen sind für die Bearbeitung durch Werkgruppen optimiert. Die synonyme Interpretation des Plans als Informationsträger und Repräsentationsform für ein umfassendes, rechnerinternes Produktmodell erlaubt den Schluss, dass es möglich ist, jedem am Bau beteiligten Unternehmen möglichst genau zu vermitteln, worum es bei der zu erbringenden Leistung geht und wie sich diese in eine Gesamtbaumaßnahme einordnet. Ein Anforderungskatalog beinhaltet lediglich Angaben, die auf den Plänen keinen Platz finden. Ein Hauptmassenauszug ersetzt in Verbindung mit den Plänen das heute übliche Leistungsverzeichnis.

Neu und innovativ an Smart ist, dass sich die Ausschreibung nicht an einzelne Unternehmen, sondern an Bietergemeinschaften richtet. Diese offerieren fachübergreifende, ganzheitliche Werkleistungen und keine Einzelleistungen. Auf eine Auflistung gemäß der üblichen Normpositionskataloge wird bewusst verzichtet. Es werden nun die wesentlichen Aktivitäten innerhalb der Werkausschreibung gemäß Fuhr ([51], S. 71 ff.) kurz erläutert:

- Ausschreibung, mit den folgenden Bestandteilen:

Entwurf der Vertragsurkunde

Teil „Besondere Bestimmungen“: Eine generelle Projektbeschreibung: Bietergemeinschaften sollen ihr Gebot im Verhältnis zum Gesamtprojekt einordnen können.

Werkpläne: Hier sind die Pläne selbst und ein Planverzeichnis enthalten.

Anforderungskatalog: Der Anforderungskatalog enthält Informationen und Anforderungen, die in den Plänen nicht übersichtlich anzuordnen sind, wie z.B.: Angaben zur Akustik, Energie, Ökologie, und Wirtschaftlichkeit. Weiterhin sind die Ausgangslage und das geforderte Ergebnis definiert.

Hauptmassenauszug: Die Angaben zu Kubaturen und Stücklisten erfolgen nach der 20/80- Prozentregel, d.h.: dass sich mit 20 Prozent der Angaben 80 Prozent der Baukosten ermitteln lassen.

Verzeichnis „Allgemeinen Bestimmungen“: Dies enthält z.B. Normen und Standards, die der Ausschreibung zugrunde liegen.

- Das Werkangebot
Das Angebot der Werkgruppe basiert entweder auf einem Pauschal- oder einem Globalpreis. Nicht nur der Preis, sondern auch innovative Leistungen können ein Vergabekriterium sein.
- Präsentation des Werkangebots
Das Angebot, die Zusammensetzung sowie die fachliche und organisatorische Kompetenz der Werkgruppe werden dargestellt. Offene Fragen und spezifische Ausführungsdetails werden erläutert bzw. hinterfragt.
- Bewertung und Vergleich der Offerten
Vor dem Verfahren sind die Kriterien offenzulegen.
- Zuschlag des Auftrags und Vertragsunterzeichnung
Die wesentlichen Gründe für die Vergabeentscheidung wird allen Parteien bekannt gegeben.

Da bei der Methode „Bauen nach Smart“ die rechtliche Hierarchie der Ausschreibungsunterlagen neu bewertet wird, ist deshalb darauf zu achten, dass dies in den Ausschreibungsunterlagen festgehalten wird.

3.8.6 Werkgruppen

Eine Werkgruppe ist der Zusammenschluss von Arbeitsgattungen zu einer Gemeinschaft, welche die Umsetzung einer Funktion oder eines Funktionsbündels übernimmt. Ziel der Bildung einer Werkgruppe ist die Erbringung, einer umfassenden, innovativen, kostengünstigen Leistung. Durch den Zusammenschluss erhalten auch kleine und mittlere Betriebe die Chance eines repräsentativen Marktauftritts. Mit Werkgruppen werden drei Ziele verfolgt:

- (1) Es soll die Zusammenarbeit von Unternehmern gefördert werden.
- (2) Es sollen die Arbeitsabläufe vereinfacht und besser koordiniert werden.
- (3) Es sollen Werkteile optimiert werden.

Organisation von Werkgruppen:

Beim „Bauen nach Smart“ steht die sogenannte „unechte Arbeitsgemeinschaft“ im Vordergrund. Ein Werkgruppenvertrag regelt alle Rechte und Pflichten der Partner untereinander. Die Partner einer Werkgruppe haften solidarisch²⁶. Mit Beendigung des Leistungspaketes lösen sich Werkgruppen in der Regel auf. Werkgruppenvertrag und Werkvertrag sind jedoch weiter bis zur Abnahme des Werkteils, der Abrechnung aller internen und externen Ansprüche bis zur Verjährungsfrist weiter gültig. Abnahmen werden protokolliert.

Die Projektleitung ist dreigeteilt in eine „Federführung“, die „administrative Leitung“ und die „technische Leitung“. Der technischen Leitung obliegt die Kontrolle des Baufortschritts und die Sicherung der Bauleistung insgesamt einschließlich der Termin- und Qualitätskontrolle. Die Funktion der technischen Leitung auf Auftragnehmerseite ist nicht zu verwechseln mit der des Bauleiters auf der Seite des Auftraggebers.

Modelle:

Beim sogenannten Zeitmodell erfolgt eine zeitlich orientierte Optimierung durch verbesserte Arbeitsabläufe bei Beibehaltung herkömmlicher Baukonstruktionen. Dem sogenannten Systemmodell liegt der Ansatz zugrunde, dass mit Hilfe verbesserter Bauweisen versucht wird, Optimierungspotential im konstruktiv-technologischen Bereich zu erschließen. Beispiele für Systemmodelle sind: (1) die Integration vorgefertigter Bausysteme und -module, (2) die Neuentwicklung von Bauteilen oder Komponenten und (3) Speziallösungen, die das Wissen mehrerer Unternehmen erfordern.

²⁶ Quotenhaftung kann mit Zustimmung des Bauherren vereinbart werden.

Vorgehensmodell:

Zur Definition der Aufgaben und der Struktur von Werkgruppen wird von Fuhr ([51], S. 59 ff) folgende Vorgehensweise empfohlen:

- **Erstellen eines herkömmlichen Terminplans**
Angaben zu Ausführungsdauer der Arbeitsleistungen und zeitliche Abhängigkeiten
- **Bestimmen der Hauptaufgaben**
Definition der wesentlichen am Bauwerk zu erbringenden Arbeitsleistungen, den Hauptaufgaben können weitere Teilaufgaben zugeordnet werden
 - Definition konzeptioneller Schwerpunkte und systembedingter Schwerpunkte**
 - Schnittstellenbestimmung**
(Übergänge zwischen Bauteilen oder zwischen Leistungen von Arbeitsgattungen)
 - Anzahl der Schnittstellen pro Bauphase
 - Wichtung der Bedeutung der Schnittstellen
 - Potential zur Zusammenfassung von Arbeitsgattungen, um die Koordination zu vereinfachen
 - Potential zur Zusammenfassung von systembedingten Schnittstellen, z.B.: durch eine andere Materialwahl oder eine andere Konstruktionsweise
 - Aktivitäten zur Abstimmung von Schnittstellen
- **Definition der einzelnen Leistungspakete**
Jede Werkgruppe sollte ihre Arbeit möglichst in einem Zug durchführen können.
 - Analyse bzw. Prüfkriterien sind:
 - Ist eine klare Beschreibung der „Startbedingungen“ (Eingangsschnittst.) möglich?
 - Kann eine Werkgruppe ihre Arbeit in einem Zug durchführen?
 - Gibt es Aktivitäten, die nicht sinnvoll einem Leistungspaket zugeordnet werden können?
 - Sind die Arbeitsgattungen eines Leistungspaketes miteinander vereinbar?
- **Definition des Übergabezustands (Ausgangsschnittstelle)**
Klare Definition der Schnittstellen
 - Ist eindeutig geregelt, welches Gewerk, womit (Leistung), wann, an welches Bauteil anschließt?
 - Sind die Übergabezustände der Leistungen jeder einzelnen Werkgruppe festgelegt?
 - Sind Optimierungen nötig, um einen Übergabezustand besser definieren zu können?
- **Rückkoppelung zum Entwurf**
Dieser Schritt dient dem feed-back der Ergebnisse zum Entwurf bzw. in die Phase der Konzepterarbeitung des Bauablaufs.
 - Kann die Anzahl der Leistungspakete reduziert werden?
 - Sind durch Änderungen genauere Schnittstellendefinitionen möglich?
 - Welche systembedingten Merkmale wie Materialwahl oder Konstruktionsart verbessern die Einteilung der Leistungspakete?

3.9 Zusammenfassung

Workflowmanagementsysteme, CSCW - Systeme und rechnergestütztes Wissensmanagement ermöglichen neue Organisations- und Managementmodelle. Der Zusammenschluss von Spezialisten ist einfach und unkompliziert möglich, unabhängig von lokalen oder zeitlichen Restriktionen.

Damit wird auch ein Umdenken bezüglich der Organisation des Planungs- und Ausschreibungsprozesses wie bei „Bauen nach Smart“ möglich. Der durch die Einführung und Nutzung von IuK- Technologien erzielte Zeitgewinn kann teilweise genutzt werden, um die Qualität der Planungsunterlagen zu verbessern und damit einen Beitrag zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit kleiner und mittlerer Bauunternehmen zu leisten.

Die Adaption der Methode „Bauen nach Smart“ hat folgende Vorteile:

- Auf Basis einer kontinuierlichen Kooperation von Spezialisten in mehreren Projekten entsteht eine Vertrauensbasis, welche eine wichtige Grundlage zur Initiierung eines virtuellen Unternehmensnetzwerkes ist.
- Durch die Initiierung virtueller Organisationsformen können sich auch kleine und mittlere Unternehmen an großen Bauprojekten beteiligen.
- Die verbesserte Qualität der Planungsunterlagen und das gemeinsam erarbeitete Projekt reduzieren den Abstimmungs- und Koordinationsaufwand vor Ort, was zu einer Kostenreduzierung führt.
- Durch Nutzung adäquater Informations- und Dokumentationswerkzeuge kann der Bauherr besser in den Prozess einbezogen werden. Transparenz führt zu Vertrauen und damit zu verlässlichen Terminen und Absprachen.

Die Kombination neuer IuK- Technologien mit neuen Organisations- und Managementprinzipien wird zu einer Produktivitätssteigerung im Baugewerbe führen.

Damit lassen sich auch Investitionskosten in IuK - Infrastruktur rechtfertigen.

4 Wechselwirkungen zwischen Bauwerk und Umwelt

Ziel dieses Kapitels ist es aufzuzeigen, wie die gebaute Umwelt ressourcenschonend entwickelt und bewirtschaftet werden kann. Die Informations- und Kommunikationstechnik beeinflusst diese Entwicklung aus zwei Perspektiven:

Einerseits verändern sich die Anforderungen an gebaute Umwelt durch stark modifizierte Lebensmuster. Der erste Abschnitt des Kapitels versucht sich, ausgehend von einem Definitionsversuch des Begriffs Nachhaltigkeit, diesem Aspekt zu widmen.

Andererseits ermöglicht es die Informations- und Kommunikationstechnik allen am Bau Beteiligten (Bauherren, Planer, Ausführende, Betreiber) sich über die komplexen Zusammenhänge im Bereich nachhaltige Entwicklung zu informieren, diese zu analysieren und zu simulieren. Die letzten drei Abschnitte beschäftigen sich mit den Aspekten des Informationsmanagements und der Analyse von Kennwerten zur Beschreibung ökologischer Merkmale von Bauwerken.

Im ersten Abschnitt des Kapitels erfolgt eine allgemeine Definition der Begriffe Nachhaltigkeit und nachhaltige Entwicklung. Eine Betrachtung speziell für das Bauwesen schließt sich an.

Der zweite Abschnitt konzentriert sich auf die Darstellung der Aspekte nachhaltiger Entwicklung im Bauwesen. Die Aspekte Stofffluss- und Lebenszyklusbetrachtung stehen im Mittelpunkt.

Der dritte Abschnitt leitet den Teil Analyse und Management ökologischer Kennwerte ein. In ihm erfolgt eine detaillierte Erläuterung verschiedener Analysemethoden: die reine Ökobilanzierung, die ECO - Indicator Methode als komprimierte Darstellung der Analyseergebnisse, die MIPS-Methode, die den Leistungsgedanken in den Vordergrund stellt und schließlich die erweiterte Economic – Input - Output Analysis, die eine gesamtwirtschaftliche Analyse propagiert.

Der vierte Abschnitt stellt die Umsetzung des Informationsmanagements und der Analyse dar. Es werden die im Kapitel 1 eingeführten Methoden und Werkzeuge (Muster, mehrdimensionales Datenmanagement) benutzt.

Im fünfte Abschnitt erfolgt die Zusammenfassung des Kapitels. Aus der Sicht des Facility Management wird dargestellt wie Informationsverwaltung und –analyse von Bauwerken als Entscheidungsgrundlage für weitere Planungen und künftiges Handeln genutzt werden kann.

4.1 Sustainability - Nachhaltigkeit

Der Begriff „sustainability“ steht für umfassende, komplexe, systematische (also ganzheitliche) Betrachtung und Analyse der Zusammenhänge zwischen Technik, Ökonomie, Ökologie und Gesellschaft. Sustainability wird in der deutsche Sprache meist als Nachhaltigkeit bezeichnet. Das Konzept von „sustainable development“ entstammt in seiner grundlegenden Form der Natur. Bei der systematischen Betrachtung der Umwelt stellt man fest, dass das „Kriterium der absoluten materiellen Bestandserhaltung im Sinne einer Stoffstrombetrachtung“ verallgemeinert werden kann. Es fließen nicht mehr Stoffe ab als zufließen. ([86], Fritz et al., S.8)

Sehr früh tauchte der Begriff „sustainable development“ im sogenannten „Brundtland-Bericht“ auf. (herausgegeben mit dem Titel „Our Common Future“ von der *World Commission on Environment and Development* im Jahre 1987 vgl. [125], WCED) In ihm wird versucht, die Konflikte zwischen den Zielbereichen Wirtschaft, Soziales und Umwelt zu reduzieren. „Sustainable development“ im breiteren Sinne spiegelt die verschiedenen Dimensionen unseres Lebens wider: unterschiedliche Wirtschaftszonen (z.B. Nord-Süd), ökologische und entwicklungspolitische Aspekte sowie Verteidigung und Kritik an bestehenden Wirtschaftssystemen. Die gesamte Komplexität der Auswirkungen menschlichen Handelns auf die lokale und globale Umwelt kann derzeit trotz der Verfügbarkeit modernster Analyse- und Simulationswerkzeuge noch nicht vollständig abgeschätzt werden. ([69], Bächthold, S. 9-11).

Für einen ersten Definitionsversuch soll sich auf das von Huber entwickelte Konzept ([95], Huber(a), S. 35/36) bestehend aus der kombinierten Anwendung von Suffizienz-, Effizienz- und Konsistenzstrategie, gestützt werden. Die **Suffizienzstrategie** fordert „Genügsamkeit und Bescheidenheit sowie die Entwicklung eines weniger geld-, energie- und ressourcenintensiven Lebensstils“. ([96], Huber(b), S.123). Die **Effizienzstrategie** zielt auf die Verbesserung des ökologischen Wirkungsgrades ab. „Gewünschte Produktionsleistungen sollen mit dem geringstmöglichen Einsatz an Material und Energie erstellt werden“ ([95], Huber(a), S.131). Die **Konsistenzstrategie** fordert „die Substitution ökologisch problematischer Stoffströme“ ([96], Huber(b), S.140), d.h. die Einbindung industrieller Stoffströme in natürliche Kreisläufe. In dem von Huber entwickelten Konzept wird die soziale Komponente einer nachhaltigen Entwicklung nur am Rande behandelt. Verschiedene Autoren bieten hier ein etwas umfassenderes Nachhaltigkeitskonzept. (vgl. z.B. [71], Beck et al.), ([86], Fritz et al.) oder ([101], Knopfmüller). Im wesentlichen sind es vier Komponenten, die mit dem Begriff Nachhaltigkeit verbunden sind:

- (1) langfristiges Denken und Handeln,
- (2) soziale Kompetenz im Sinne der Allgemeinheit,
- (3) Ökonomie und
- (4) Verpflichtung gegenüber der Zukunft.

Bereits 1992 auf der Umweltkonferenz in Rio de Janeiro wurden konkrete Ziele in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung der globalen Partnerschaft verabschiedet. Unter dem Begriff „Agenda 21“ sollen derartige Bestrebungen global und lokal erarbeitet und umgesetzt werden. In diesem Kontext ist auch die Ökobilanzierung von Baumaterialien einzuordnen, die im Abschnitt 4.3 detaillierter beschrieben werden soll.

4.1.1 Nachhaltigkeit und Bauwesen

Der folgende Abschnitt ist ein Versuch, einen Einblick zu geben, welche Komponenten den Begriff Nachhaltigkeit im Bereich des Bauwesens prägen. Mit etwa 8% Anteil an der Bruttowertschöpfung der Bundesrepublik ([128], Wotschke, S.1) zählt das Bauwesen zu den wichtigsten Industriezweigen der Volkswirtschaft. Die große Bedeutung des Bauwesens lässt sich jedoch nicht nur ökonomisch begründen. Bautätigkeit verändert die Umwelt und schafft kulturelle Werte.

Die unmittelbare Bautätigkeit verkörpert jedoch nur einen Teil der Umweltveränderungen. Hinzu kommen die langzeitigen Auswirkungen wie z.B. die Zerschneidung von Lebensräumen, die Veränderung des Grundwasserspiegels oder Beanspruchung neuer Flächen. Bei ca. 50% dieser Fläche wird der Oberboden zerstört bzw. die Fläche komplett versiegelt. Freiflächen im innerstädtischen Bereich werden für Industrie- und Gewerbebauten unzureichend genutzt. Durch großzügige Flachbauten und vorsorgliches Freihalten von Flächen in neu erschlossenen Stadtrandgebieten wird die gesetzlich zulässige Bebauungsdichte meist nur zur Hälfte ausgenutzt ([77], Bundestag 97, S.89 & S.126). Analoges gilt für Wohnbauten außerhalb der Ballungsgebiete. Im Wohnungsmarkt sind verstärkt Umzüge in die Randgebiete der Städte zu beobachten. Da sich Arbeitsstätten, Handels- und Kultureinrichtungen noch in der Stadt befinden, wird die Umwelt durch den langfristig erhöhten Bedarf an Verkehrswegen und anderer Infrastruktur ([78], Bundestag 98, S.249) belastet.

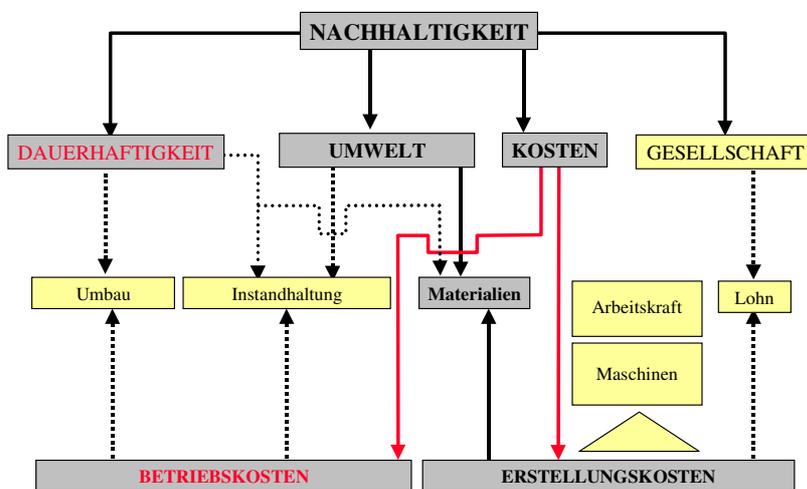


Abbildung 29: Sustainability Kriterien

Im Bereich des Bauwesens werden große Stoff- und Abfallmengen im Zuge der Bautätigkeit umgesetzt. Etwa ein Viertel der mineralischen Stoffflüsse entfallen auf den Bereich „Bauen und Wohnen“. Rund 40% des Abfallaufkommens sind dem Bausektor zuzurechnen. Da aber die anfallenden Abfallmengen geringer sind als die verwendeten Stoffmengen, bildet sich im Bestand ein riesiges Stofflager ([77], Bundestag 97, S. 92/93). Die Relation von Stoffinput und Stoffoutput liegt je nach benutztem Rechenmodell zwischen 2 : 1 und 10 : 1. Diese Stofflager beinhaltet risikobehaftete, eingebaute Materialien.

Aus ökologischer Sicht liegen also die drängendsten Problemfelder in den Bereichen „Flächenverbrauch“ und „Stoffströme“. Bedenkt man die Langlebigkeit von Gebäuden ist die Lösung zukünftigen Flächenbedarfs eindeutig im Bestand zu suchen. Vom Baubestand, der im Jahr 2020 noch genutzt wird, existierten Mitte der neunziger Jahre des zwanzigsten Jh. bereits rund 75% ([104], Kohler(b)), ([77], Bundestag97, S. 92). Durch die Aktivierung existierender Baubestände würde ein Großteil des Baubedarfs gedeckt werden. Dabei ist das Problem von Gebäudeleerständen und deren Umwidmung zu berücksichtigen ([77], Bundestag97, S.87, 122), ([78], Bundestag98, S.98, 244-250, 292-295), ([106], Kohler98, S.7).

In „Re-valuing Buildings“ ([110], Loftness et al.) wird besonders auf die Möglichkeit zur Identifikation mit älteren Gebäuden und ihrer Umgebung, sowie auf die früher übliche großzügig bemessene Ausführung hingewiesen. Leider sind jüngere Bauten, insbesondere die der fünfziger bis siebziger Jahre des 20. Jh., oftmals durch eine minimierte Bauphilosophie gekennzeichnet. Eine Umnutzung dieser Gebäude ist aufgrund mangelnder Ausbaupkapazitäten häufig nur sehr schwer möglich ([110], Loftness et al. S.16/17).

Aufgrund dieser Randbedingungen wurden im Rahmen der Studie „*Schutz des Menschen und der Umwelt*“ für die Enquete-Kommission des 13. Bundestages folgende Forderungen an eine nachhaltige Entwicklung im Bausektor aufgestellt ([77], Bundestag97, S.94):

“Eine Politik der Nachhaltigkeit für den Baubereich schließt neben der ökonomischen und ökologischen auch eine kulturelle und soziale Dimension der Verantwortung für die Zukunft ein.

Eine solche Politik würde beispielsweise fordern dass:

- *die vorhandenen Baukonstruktionen möglichst lange auf einem hohen Niveau weitergenutzt werden,*
- *der existierende Gebäudebestand effizient gepflegt und genutzt wird,*
- *der Energiebedarf für die Produktion und Nutzung von Gebäuden weiter gesenkt wird,*
- *möglichst wenig neu geplant wird,*
- *möglichst wenige bisher unbebaute Flächen neu bebaut werden,*
- *ungiftige, trennbare und weiterverwendbare Baustoffe entwickelt und eingesetzt werden,*
- *neue Baukonstruktionen sowohl dauerhaft, reparaturfreundlich, pflegefreundlich und energiesparend im Betrieb geplant werden,*
- *bei Baumaßnahmen ein hoher Anteil von bereits existierenden Baustoffen wiederverwendet wird,*
- *kulturelle Kapitalien in ihrer Bedeutung für ganzheitliche Werterhaltung erkannt und berücksichtigt werden und*
- *der arbeitsmarktpolitisch/soziale Effekt eines Ersatzes von Ressourcen durch Arbeit im Rahmen einer Bestandspflege erkannt und genutzt wird*

4.2 Bauwerk und Ökologie

Bauen in der Informationsgesellschaft orientiert sich (leider) an den in den sogenannten entwickelten Ländern während der letzten beiden Jahrzehnte gewachsenen Ansprüchen. Diese Ansprüche sind ambivalent zu bewerten und beeinflussen das Bauen für die Informationsgesellschaft wesentlich. Sie entwickelten sich größtenteils aus historischen Randbedingungen. Ein dominierendes Merkmal der Gesellschaft des Kulturkreises christlicher Prägung (Nordamerika, Australien, Länder der Europäischen Union) ist das hohe Maß an Individualisierung.

Verdichtetes Bauen statt Auflösung

Diese zunehmende Individualisierung führt zu dem Fakt, dass der Siedlungsflächenbedarf unproportional hoch zur Bevölkerungsentwicklung steigt. Abbildung 30 zeigt die Zusammenhänge am Beispiel der alten Bundesländer der BRD. Ebenso stieg zwischen 1950 und 1987 der Pro-Kopf-Bedarf an Wohnfläche in den alten Bundesländern von 14,3 auf 35,5 m². Das dieser Wert nicht außergewöhnlich hoch ist, zeigt beispielsweise der Vergleich mit dem Anstieg des Wohnflächenbedarfes in Schweden (40 m²/Kopf) und in der Schweiz (50 m²/Kopf).

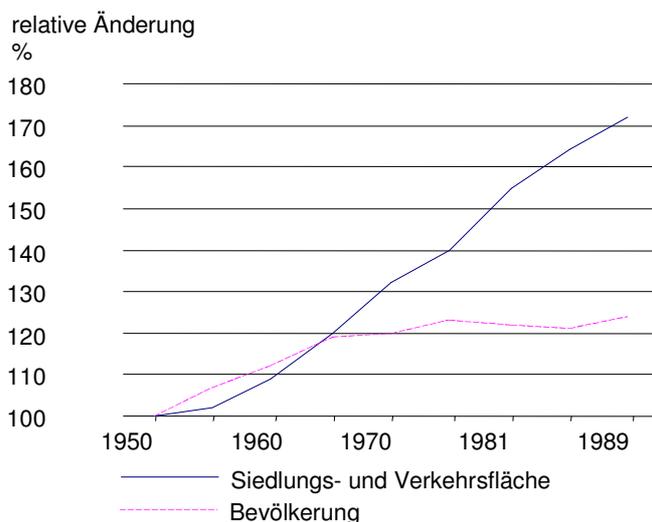


Abbildung 30: Bevölkerung & Siedlungsfläche
(vgl. [74], Daniels, Bild 26)

Die Gleichsetzung von Individualität mit Mobilität, Raumverfügung, mit steigendem Ressourcenverbrauch ist eine Fehlinterpretation: gerade hier zeigen sich die Grenzen unseres Wirtschaftens. Es ist nur scheinbar paradox, dass sich ökologische Forderungen in einer individualisierten Gesellschaft einfacher durchsetzen können. In ihnen sind das Leben und die Gesundheit des Einzelnen ein bestimmender Wert.

Deshalb kann man wohl davon ausgehen, dass sich in den nächsten Jahren aus Einsicht in die Notwendig-

keit des nachhaltigen Wirtschaftens eine Anpassung bzw. eine Wandlung der nationalen und internationalen Industriepolitik und damit des Bauens erfolgen wird.

Die Ausgangslage beim nachhaltigen Wirtschaftens kann auf der Basis des Energieeinsatzes zur Produktion eines US-Dollars (Bruttosozialprodukt) verdeutlicht werden. Im Jahre 1993 benötigte die japanische Industrie lediglich fünf Megajoule zur Erzeugung eines Bruttosozialproduktes von 1 US-\$, die Industrie der Vereinigten Staaten hingegen benötigte 12 Megajoule (vgl. [74], Daniels, S. 15 f). Die unterschiedliche Art des Wirtschaftens führt zu erheblichen Differenzen im CO₂-Ausstoß der einzelnen Volkswirtschaften. Das weltweite Potential der globalen Erwärmung, der sogenannte Treibhauseffekt, wurde vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) simuliert. Der wesentliche Parameter für die Simulation war der Ausstoß von Kohlendioxid. Abbildung 31 zeigt den ständigen Anstieg des CO₂-Pegels innerhalb der letzten 130 Jahre von ursprünglich 289 auf 350 ppm.

Abbildung 32 zeigt eine Simulation der Auswirkungen des CO₂-Ausstosses auf Temperaturwechsel und CO₂-Konzentration der Erdatmosphäre unter der Bedingung der drastischen Reduktion des CO₂-Ausstosses.

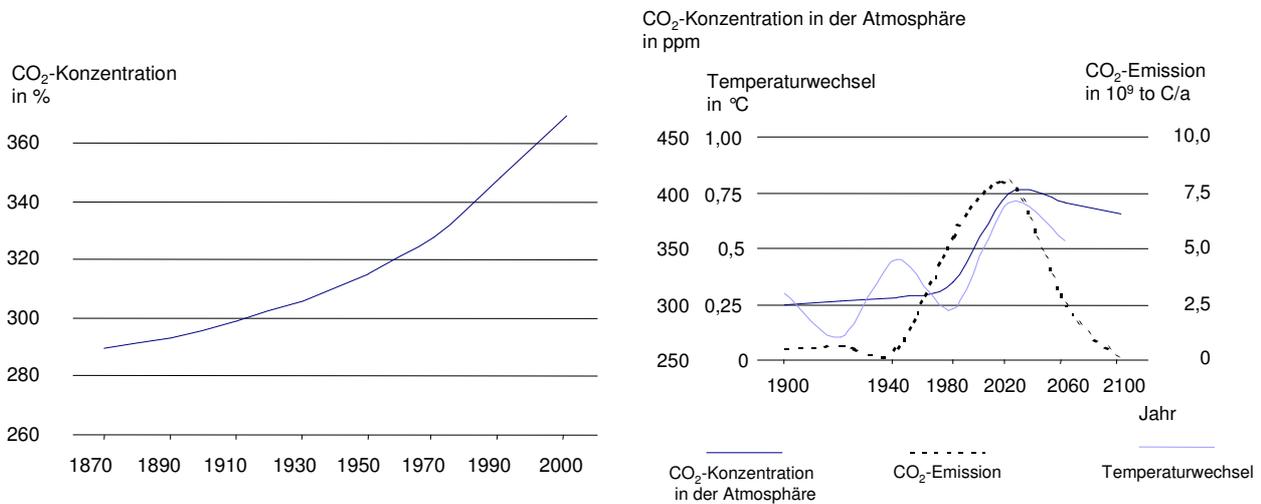


Abbildung 31: CO₂-Konzentration seit 1860
(aus [74], Daniels, S. 12)

Abbildung 32: Prognose der CO₂-Konzentration
(aus [75], Daniels, S. 23)

Im Interesse der globalen Entwicklung wird es deshalb notwendig, Ökologie über den Faktor Ökonomie in unserem Wertesystem einzuordnen, da wir uns sonst die Grundlagen für eine funktionierende Ökonomie entziehen. Die Bauindustrie kann aufgrund der bisher erläuterten Besonderheiten eine Schlüsselposition einnehmen: sie kann sich zum Vorreiter und Wegbereiter des ökologischen Wandels entwickeln und konsequent neben erneuerbaren Energien energiesparende Systeme einsetzen.

Eine herausragende Stellung nehmen bevölkerungsreiche Nationen und Nationen mit hochentwickelten Volkswirtschaften ein. Wenn die gewaltige Umweltschädigung gebremst und eingedämmt werden soll, muss von diesen Ländern eine Art Initialzündung in Richtung nachhaltiges Wirtschaften ausgehen. Wachstum um jeden Preis führt zu einer gefährlichen Destabilisierung der natürlichen Ressourcenbasis einschließlich der Ökosysteme. China, Indien, Indonesien, Brasilien, Russland, die USA, Japan und Deutschland vereinen ca. 55% der Weltbevölkerung und erzeugen ca. 60% des CO₂-Ausstoßes. Mehr als 50% des Waldbestandes der Erde liegt in diesen Ländern.

4.2.1 Ökologie der Baustoffe - Verbrauch

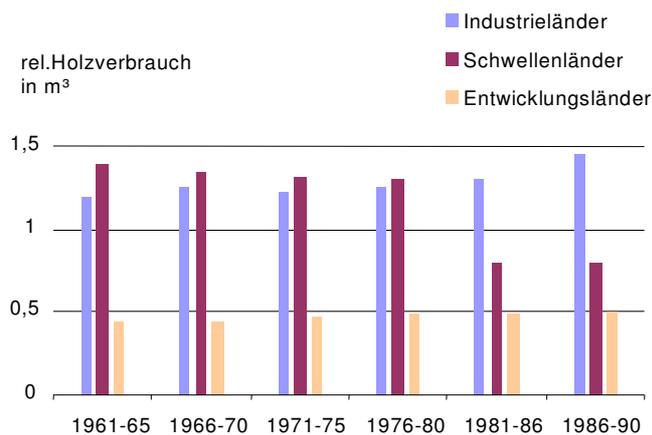


Abbildung 33: Holzverbrauch (pro Kopf)

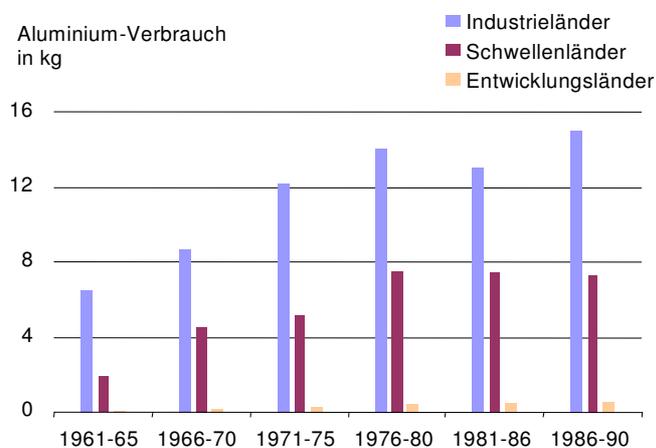


Abbildung 34: Aluminiumverbrauch (pro Kopf)

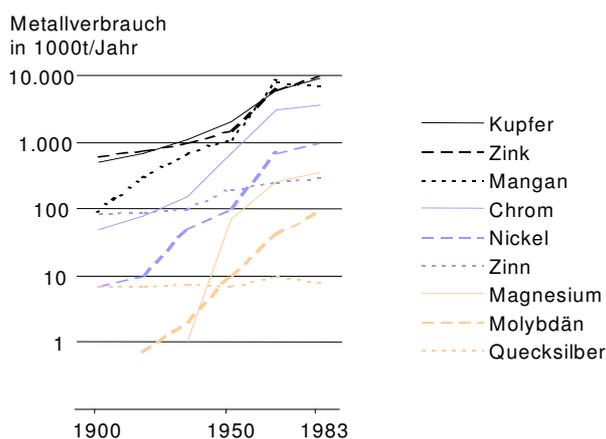


Abbildung 35: Metallverbrauch von 1900 – 1983

Das Problem des Ressourcenverbrauchs von Rohstoffen soll an einigen Beispielen veranschaulicht werden, die in Abbildung 33 bis Abbildung 35 dargestellt sind (vgl. [74], Daniels, S. 21).

Abbildung 33 zeigt den Verbrauch von Rundholz zwischen 1961 und 1990 im Bereich der Industrieländer, Schwellenländer und Entwicklungsländer. Der Verbrauch des nachwachsenden Rohstoffes Holz und von Holzprodukten, Papier und Brennholz, ist demnach nur moderat gestiegen. Abbildung 34 zeigt den Aluminiumverbrauch pro Kopf. In den industrialisierten Ländern stieg der Verbrauch ca. 20 mal mehr als in Entwicklungsländern. Wenn man bedenkt, dass bei analoger Entwicklung in den sich entwickelnden Volkswirtschaften Asiens ein ähnlicher Trend eintritt, stellt sich die Frage, ob und wie lange ein derartiger Verbrauch noch tragbar ist. Mindestens sollte ein hohes Maß an Recycling umgesetzt werden.

Der weltweite Metallverbrauch zwischen 1900 und 1983 mit stark steigender Tendenz ist in Abbildung 35 dargestellt. Zieht man in Betracht, dass für die Erzeugung der verschiedenen Metalle erhebliche Erdmengen zum Grundstoffabbau bewegt werden müssen, so wird auch hier die Notwendigkeit zum Recycling anschaulich. Zur Verdeutlichung folgen einige Angaben zu den Verhältniszahlen wie viele Tonnen Material für je 1 kg zu gewinnenden Metalls bewegt werden müssen.: Eisenerz 1:14, Bauxit 1:5, Mangenerz 1:420, Zink 1:27, Blei 1:19, Silber 1:7.500, Gold 1:350.000, Platin 1:350.000.

4.2.2 Ökologie der Baustoffe - Recycling

Baustoffrecycling ist Bestandteil einer effizienten Materialwirtschaft im Bauwesen. Seine Bedeutung nimmt ständig zu. Recycling kann in mehreren Qualitätsstufen betrieben werden:

- Vermeidung von Abfällen durch exakte Planung und bedarfsgerechte, zeitnahe Logistik
- Wiederverwendung von Materialien und Komponenten
- Wiederverwendung des Materials (Erhalt der grauen Energie)
- Downcycling der Materialien (Verlust an grauer Energie)
- Entsorgung, Deponieren

Um möglichst qualitativ hochwertige Formen des Baustoffrecycling erreichen zu können, ist es nötig, die folgenden Kriterien bereits bei der Planung zu berücksichtigen, wie z.B:

- Materialhomogenität und geringe Materialvielfalt
- Größtmögliche Trennbarkeit der benutzten Komponenten und Materialien
- Dokumentation und Kennzeichnung benutzter Materialien und Komponenten
- Sinnvolle Rückbautechnologien

Abbildung 36 zeigt die anteiligen Kosten eines Gebäudes im gewerblichen Hochbau für Rohbau, Ausbau, Betrieb, Abbruch und Recycling bei Nutzungsdauern von 30 bzw. 60 Jahren. Der Stellenwert der Abbruchkosten ist sehr gering. Daraus folgt, dass die beste Form des Recyclings eine möglichst lange Nutzungsdauer ist, um die Anfangsinvestitionen sowie die enthaltene „Graue Energie“ der Baustoffe möglichst lange nutzen zu können. Damit werden sowohl die Kosten als auch die ökologischen Belastungen minimiert.

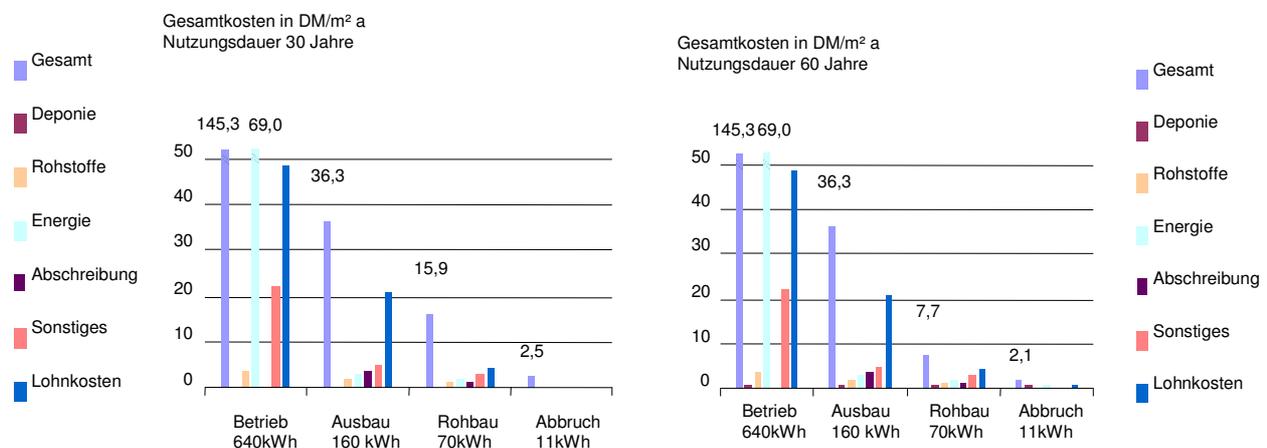


Abbildung 36: Lebenszyklus und Gebäudekosten

([74], Daniels, S. 24)

Die vorhandenen ökonomischen Zwänge (hohe Deponiegebühren) haben inzwischen zur Entwicklung konkurrenzfähiger Verwertungsmöglichkeiten für Baumaterialien beigetragen. Abgesehen von wenigen Ausnahmen bestehen inzwischen für alle gängigen Materialien Recyclingmöglichkeiten. Die wesentlichen sollen im Folgenden aufgeführt werden:

4.2.3 Ökologie der Baustoffe - Emissionen

Gesundheitsgefährdende Emissionen können auf unterschiedliche Art und Weise vom menschlichen Körper aufgenommen werden: durch Einatmen, orale Aufnahme, Aufnahme durch die Haut sowie durch Strahlung. Nach einer Klassifikation in ([72], BMf UNR, S. 12) können Emissionen aus Baustoffen wie folgt gegliedert werden (vgl. z.B. [118], Schulze-Darup, S. 43):

- (1) Schweb- und Faserstoffe (z. B. Staub, Abrieb etc.)
- (2) chemische Stoffe als Grundbestandteile des Bauproduktes
- (3) chemische Hilfsstoffe (Bauprodukten meist in geringen Mengen beigegeben)
- (4) Strahlung

Die Risikopotentiale der einzelnen Bestandteile der Materialien sind bezüglich ihres gesundheitsschädigenden Potentials zu analysieren und zu klassifizieren. Hierbei ist der gesamte Lebenszyklus des Baumaterials zu betrachten (Rohstoffgewinnung, Produktion, Verarbeitung, Rückbau und Verwertung) und nicht nur die Nutzungsphase.

Für die umfassende Beurteilung eines Baustoffes sind alle umweltrelevanten Parameter von Bedeutung. Diese werden unter Pkt. 4.3 genauer erläutert. Infolge der drastisch verkürzten Entwicklungszeiten und der geringen Erfahrungen beim Umgang mit neu entwickelten Baustoffen besteht bei der Bewertung der Gesundheitsschädigung großer Forschungsbedarf.

Obwohl alle relevanten Inhaltsstoffe der Baumaterialien bekannt sind, ist häufig nur schwer prognostizierbar in welchem Umfang und in welchem Zeitraum schädliche Substanzen freigesetzt werden und welche Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Stoffen gesundheitliche Auswirkungen verursachen können. Hierzu bedarf es intensiver interdisziplinärer Zusammenarbeit im Forschungsbereich. Für den Baupraktiker sollten in der Praxis einfach handhabbare Bewertungsschemata erarbeitet werden.

4.2.4 Bauabfälle

Um ein Bild davon zu geben, welchen Anteil Bauabfälle am gesamten Abfallaufkommen haben, sollen hier einige Zahlen aus dem Jahre 1987 für die Bundesrepublik Deutschland (alte Bundesländer) vorgestellt werden. Setzt man das gesamte Abfallaufkommen = 100%, so betragen die einzelnen Anteile:

■ Hausmüll, Sperrmüll, Gewerbeabfälle ca. 12%
■ Sonderabfälle ca. 5%
■ Produktionsabfälle ca. 35%
■ Bauabfälle ca. 48%

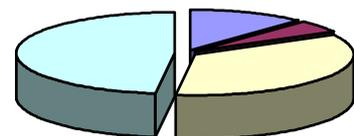


Abbildung 37: Gesamtabfallaufkommen und Anteil der Bauabfälle (ca. 48%)

(vgl. [74] bzw. ([129], Zwiener, S. 36)

Untersucht man die Bauabfälle (100%) detailliert, so ist zu erkennen, dass der überwiegende Teil der Bauabfälle Erdaushub ist, nur ca. 1/6 des Gesamtabfallaufkommens ist der sogenannte Bauschutt. Unter Bauschutt werden im wesentlichen alle festen Stoffe eines Bauwerkes verstanden, die bei Bauwerksabbrüchen entstehen und je nach Gebäude- und Abbruchart mineralische Bestandteile enthalten.

■	Erdaushub ca. 78%
■	Straßenaufbruch ca. 8%
■	Bauschutt ca. 14%

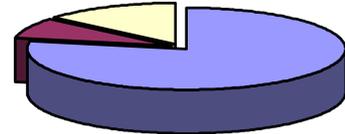


Abbildung 38: Aufgliederung der Bauabfälle

Neuere Zahlen geben analogen Umfang und Verteilungsverhältnisse an.

4.2.4.1 Bauabfälle beim Rohstoffabbau

Schon die Gewinnung von Rohstoffen für Baumaterialien kann vielfältige Belastungen der Umwelt verursachen, so z.B.:

- Zerstörung von Landschaft, Biotopen, Lebensräumen für verschiedene Tierarten durch großflächigen Abbau von Ton, Kalkstein, Naturgips, Erzen, Bauxit etc.
- Mangelnde oder unterlassene Rekultivierung von Gruben, Tagebaurestflächen oder Bergbaudeponien, insbesondere in Ländern mit ungenügenden gesetzlichen Regelungen.
- Raubbau beim Fällen von Holzbeständen, besonders betroffen sind tropische Regionen.
- Abbau und Förderung von Materialien mit begrenzten Vorkommen.

4.2.4.2 Bauschutt

Mit dem LAGA²⁷-Abfallartenkatalog steht in der Bundesrepublik seit ca. 10 Jahren eine Klassifikation für Bauabfällen zur Verfügung. Eine genauere Zuordnung der LAGA-Klassifikation zu Baumaterialien und –komponenten erfolgt u.a. in ([118], Schulze-Darup, Kapitel 6). Innerhalb der EU gilt die Klassifizierung nach EWC-Abfallgruppen²⁸. Für die Übertragung der LAGA-Gruppierung in EWC-Gruppen kann ein Umsteigekatalog EWC/LAGA herangezogen werden.²⁹

Kosten zur Entsorgung von Bauschutt und Bauabfälle sind in den letzten Jahren grossen (regional bedingten) Schwankungen unterworfen gewesen, insbesondere für die Deponierung von Aushub (vgl. z.B: [108], Kornadt, S135 Bild 6.66).

Jede Gebietskörperschaft kann im Rahmen der gesetzlichen Regelungen durch Tarifgestaltung und Eingruppierung von Abfall regulierende Maßnahmen ergreifen, um das Abfallaufkommen gering zu halten.

²⁷ Landesarbeitsgemeinschaft Abfall

²⁸ Verordnung zur Einführung des Europäischen Abfallkatalogs vom 13. 9. 1996 (BGBl. I 1996 S. 1428 s.auch RL 2000/532/EG)

²⁹ K.-D. Koß, U. Malorny, W. Stahlke: "Europäischer Abfallkatalog und die EG-Abfallverbringungsordnung": in: Müll und Abfall, 10/1994, S. 625 ff.

Es werden weiterhin einschneidende Maßnahmen erforderlich sein, um das Abfallaufkommen im Baubereich zu reduzieren, vor allem trifft dies auf den Abbruchbereich zu:

- Baukonstruktionen sind für eine hohe Recyclingfähigkeit zu konzipieren,
- Es sind Ausführungstechnologien zu wählen, die Verbundmaterialien vermeiden bzw. deren Rückbau optimal unterstützen,
- Baustoffbeschichtungen müssen so beschaffen sein, dass nicht das gesamte Bauteil als Sonderabfall zu deklarieren ist, jedoch sind geringe Einträge als Sonderabfall zu deklarieren.
- Materialtrennung von Bauabfällen ist die Voraussetzung für deren Wiederverwendung,
- Rückbau mit Sortierung und Materialtrennung gilt als Voraussetzung für möglichst hochwertige Wiederverwendung bzw. Recycling

Der Schlüssel zum ökologischen Bauen liegt, wie so oft, in den Planungsphasen. Deshalb ist es von enormer Bedeutung Bauherren und Planer mit entsprechend aufbereiteten Informationen zu versorgen. Gleiches gilt für die Ausführungsphase. Auch hier ist es nötig, die Ausführenden mit ausreichenden Informationen zum Bauwerk selbst, zum Entwurfsgedanken sowie zu den gewählten Baumaterialien und deren Einbautechnologien zu versorgen.

4.2.4.3 *Kreislaufwirtschaft*

Die Verwendung oder Beimengung von Reststoffen bei der Baumaterialherstellung, nicht nur aus der Bauindustrie, sondern auch aus anderen Industriezweigen, ist aufgrund der großvolumigen und vielfach gering veredelten Materialien besonders attraktiv und kostengünstig. Grundsätzlich ist dies im Sinne der Kreislaufwirtschaft zu begrüßen. Im Einzelfall sollte jedoch stets geprüft werden, ob es sich um sinnvolle Maßnahmen handelt oder ob nur eine versteckte Zwischen- oder Endlagerung von Schadstoffen im Baumaterial erfolgt. Kontinuierliche Qualitätskontrollen während der Baumaterialherstellung sollen sicherstellen, dass die Materialien keine Belastung darstellen. Dies wird z.Z. überwiegend als freiwillige Selbstkontrolle der Produzenten durchgeführt.

Als Beispiele für die Verwendung bzw. Beimengung von Reststoffen können genannt werden:

- Schlacken aus Müllverbrennungsanlagen und anderen Hochtemperaturprozessen als Straßenunterbau und als Zuschlagstoffe bei Asphalt, Steinmaterial, Zement etc.
- Gips aus Rauchgasentschwefelungsanlagen und Industrieprozessketten
- Flugasche aus Kraftwerken als Zugabe bei Brennprozessen (Ziegel, Zement)
- Recyclingkunststoffe, z.T. in wenig sinnvollen Zusammenhängen, die durch andere Materialien abgedeckt werden sollten (Bodenplatten, Lärmschutzwände etc.)

In den neunziger Jahren des 20. Jh. wurden zahlreiche Novellierungen des Abfallrechts und eine Angleichung an europäisches Recht vorgenommen. In diesem Umstrukturierungsprozess war es nicht verwunderlich, dass im gesamten Abfallrecht eine gewisse Unübersichtlichkeit auftrat. Das ab Oktober 1996 geltende Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) übernimmt nunmehr das EU-Recht. Das 1994 verabschiedete KrW-/AbfG hat eine ressourcenschonende und abfallarme Kreislaufwirtschaft sowie die Sicherung der Entsorgung nicht zu vermeidender Abfälle zum Ziel. Die Vermeidung von Abfällen erhält Priorität vor der Entsorgung.

4.3 Produktbewertung im Bauwesen

Die bisherigen Erläuterungen dienen der verbalen Begründung zum nachhaltigen Bauen. Die geschilderte Komplexität der Thematik ist Motivation zum rechnergestützten Arbeiten in diesem Bereich. Im folgenden Abschnitt werden ökologische Bewertungsverfahren für Bauprodukte, für Bauwerke und Dienstleistungen, und gesamtwirtschaftliche Ansätze erläutert.³⁰

Eine Übersicht gibt die folgende Tabelle:

Tabelle 10: Gegenüberstellung von ökologischen Bewertungskriterien

(nach [79], Dold, S.125 Tab. 14)

Orientierung	Anwendungs- voraussetzungen	Vorteile	Nachteile
Energiefluss einfach	Stoff- und Energiebilanz Bekannte inhärente Energienmengen der Inputmaterialien Bekannte Prozessenergie	Nur Inputseite muss betrachtet werden Keine Wirkungsbilanz nötig	Inhärente Energiemengen von Materialien unvollständig bekannt Einseitige Betrachtung des Energieinputs
Entropie	Entropiezunahme der Um- wandlungsprozesse im Bilanzraum ist ermittelbar Natürliche Prozesse zur "Entropieverringeringung" sind erforscht	Entropiezunahme gilt als guter Maßstab für Umweltbelastung	Erfassung der Entropie Natürliche Transformations- prozesse müssen genau bekannt sein
Stofffluß	Stoff- und Energiebilanz	Aggregation auf ein einziges rechnerisches Maß ist möglich Keine Wirkungsbilanz nötig	Erfassung der kritischen / geogenen Stoffflüsse ist schwierig
Schadens- funktion	Stoff- und Energiebilanz Generische Erfassung von Exposition und Wirkung für Schadensfunktion	Aggregation auf ein einziges rechnerisches Maß möglich Umfassende Betrachtung von Umweltwirkungen auf der Outputseite	Keine Input-Berücksichtigung Gewichtung einzelner Schäden muss erfolgen Ermittlung der Schadensfunktion durch aufwendige wissenschaft- liche Untersuchungen
Grenzwerte	Stoff- und Energiebilanz	Aggregation auf ein einziges rechnerisches Maß möglich Orientierung an gesell- schaftlich akzeptierten Maßstäben (Grenzwerte)	Keine Input-Berücksichtigung Subjektive Einflüsse auf Grenzwert-Bestimmung Zusammenhängender Satz von Grenzwerten muss Grenzwerte für alle Stoffe enthalten
Monetär	Wirkungsbilanz, die Wirkungsketten berücksichtigt	Ermöglicht eine Integration mit ökonomischen Informationssystemen. Aggregation auf ein einziges rechnerisches Maß möglich	Aufwand: Wirkungsbilanzierung Aufwendige Ermittlung von monetären Werten Große Unsicherheiten bei monetären Werten
Risiko	Sach- und Wirkungsbilanz	Unsichere, nur mit einer gewissen Wahrscheinlich- keit auftretende Umweltbe- lastungen sind erfassbar	Aufwand und Bewertungsspiel- raum bei Erfassung von Risiken Ableitung aller Risiken in Sach- und Wirkungsbilanz unmöglich

³⁰. Siehe u.a. [89] Graedel, Allenby und Comrie, [93] Horvath, [113] Ries und [119] SETAC.

4.3.1 Ökobilanzierung

Die Merkmale und Ziele einer Ökobilanz sowie die mögliche Umsetzung im Bauwesen werden nun in den folgenden Unterkapiteln erläutert. Die Formalisierung und Normierung der produktbezogenen Ökobilanzierung erfolgt in Deutschland durch das Umweltbundesamt und den DIN-Normenausschuss, auf internationaler Ebene durch die „International Standard Organization“ (ISO) (vgl. auch [79], Dold, S.12). Folgende Verfahrensschritte sind definiert:

- (1) Bestimmung der Bilanzierungsziele
- (2) Sachbilanz
- (3) Wirkungsbilanz
- (4) Bilanzbewertung
- (5) Schwachstellenanalyse

4.3.1.1 Verfahrensschritt: Bestimmung der Bilanzierungsziele

Das eindeutig bestimmte Bilanzierungsziel bildet die Grundlage zur Durchführung einer produktbezogenen Ökobilanzierung. Es sind folgende Schritte definiert:

- Zielfestlegung
- Definition des Untersuchungsrahmens
- Funktionale Äquivalenz

Einerseits werden in der Zielfestlegung die zu untersuchenden Produkte bestimmt. Andererseits werden die mit der Ökobilanzierung zu verfolgenden nutzerspezifischen Interessen dargestellt. Indirekt werden hier also die durchzuführenden Arbeitsschritte der Ökobilanzierung und die zugrunde gelegten Rahmenbedingungen für die Ergebnisinterpretation festgelegt.

Die festzulegenden Grenzen des Untersuchungsrahmens beeinflussen die nachfolgenden Schritte Sachbilanz und Wirkungsbilanz. Unter Umständen kann es erforderlich werden, die Betrachtungsgrenzen zu modifizieren. In Tabelle 11 werden beispielhaft Aussagen zur sachlichen, räumlichen und zeitlichen Abgrenzung zu betrachtender Systeme dargestellt.

Tabelle 11: Mögliche Systemgrenzen von Untersuchungsgegenständen
(nach [79], Dold, S. 80)

	Sachbilanz	Wirkungsbilanz
Sachlich	<ul style="list-style-type: none"> • Energiebereitstellung • Lebenswegphasen 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualitative / Quantitative Wirkungen • Katalog von Wirkungskategorien
Räumlich	<ul style="list-style-type: none"> • Räumliche Differenzierung der Energiebereitstellung • Räumliche Kriterien für die Berücksichtigung von Prozessen 	<ul style="list-style-type: none"> • Beschränkung auf lokale, regionale, globale Wirkungen von Schadstoffen
Zeitlich	<ul style="list-style-type: none"> • Nutzungsdauer von Investitionsgütern in Bezug auf ihre Lebensdauer • Periodenbezogener Material- und Energieverbrauch 	<ul style="list-style-type: none"> • Kurz-, mittel- und langfristige Wirkungen von Schadstoffen in der Atmosphäre • Berücksichtigung von Transmissionen in der Ökosphäre

Die Bedeutung der Ökologie gegenüber kurzzeitig kalkulierten Finanzierungsmodellen oder Kosten-Nutzen-Analysen sollte durch die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus von Bauteilen und -komponenten hervorgehoben werden. Die langen Lebenszyklen von Bauwerken erschweren dies jedoch. Im Rahmen der weiteren Erläuterungen wird sich zu großen Teilen auf die sachlichen Bilanzierungsziele konzentriert.

Die Bestimmung der Bilanzierungsziele wird durch die Definition der funktionalen Äquivalenz abgeschlossen, der Bereitstellung einer „Maßeinheit“ mit der das zu untersuchende Objekt in der Sachbilanz aufgeführt wird. Eine Schwierigkeit ist hier die Integration von „Dienstleistungseinheiten“, die ein Produkt seinem Benutzer liefert.

4.3.1.2 Verfahrensschritt: Sachbilanz

Die Aufstellung einer Sachbilanz kann in zwei Analysephasen aufgliedert werden, die Vertikalanalyse und die Horizontalanalyse. Diese umfassen (vgl. [79], Dold):

Vertikalanalyse

- Bilanzgrenzen und Abschneidekriterien,
- Prozessabgrenzung
- Transport
- Energie

Horizontalanalyse

- Beschreibung von Stoff- und Energieflüssen
- Auswahl des Datenmaterials
- Stoff- und Energiebilanz
- Aggregation
- Zurechnung

Abbildung 39 gibt eine Übersicht zu den einzelnen Analysearten sowie den Zusammenhängen zwischen deren Bestandteilen.

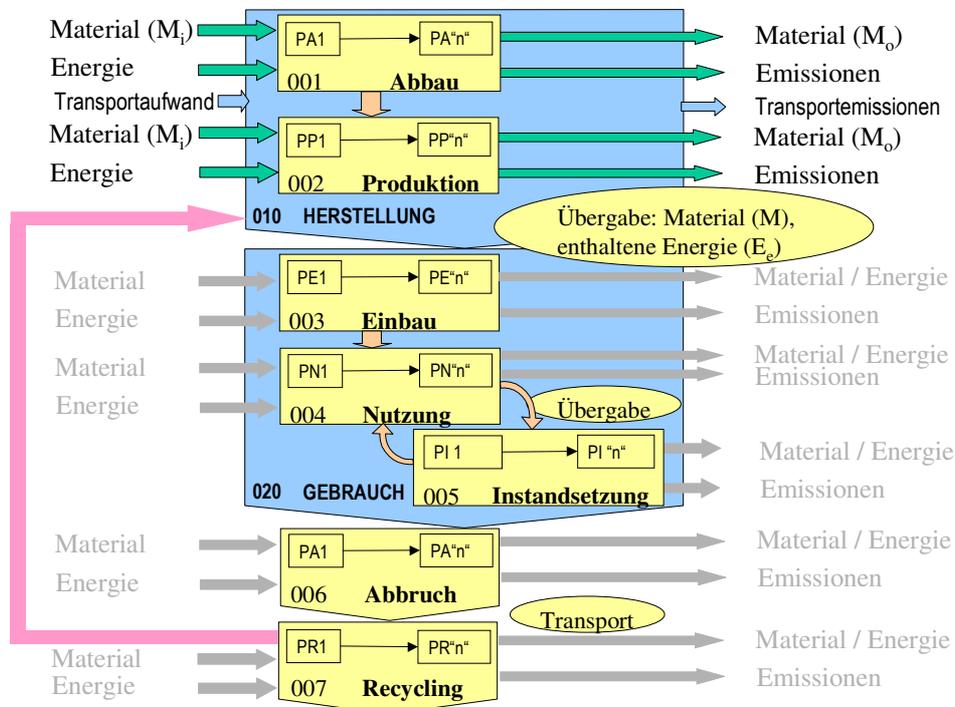


Abbildung 39: Zusammenhang horizontale und vertikale Stoffströme

4.3.1.4 Bilanzbewertung

Mit der Bilanzbewertung wird die Möglichkeit geschaffen, rechnerisch eine eindeutige Aussage zu den Umweltbelastungen des bilanzierten Produktes zu ermitteln und somit Produkte vergleichbar zu machen. Im Rahmen der Bilanzbewertung innerhalb der Ökobilanzierung erfolgt die Transformation von sachlichen Informationen in normative Interpretationen mit dem Ziel entscheidungsunterstützende Empfehlungen liefern zu können. Es erfolgt die Aggregation von verschiedenen Umwelteinwirkungen. Es ist zu beachten, dass sich die Faktoren, die zur Beschreibung der Bewertungsmodelle im Bauwesen herangezogen werden von den Faktoren, die zur Bewertung von anderen Produkten, wie z.B. Konsumgütern benutzt werden, unterscheiden. Dies gilt insbesondere für die Betrachtung der wesentlich längeren Nutzungsphasen (z.B. bei Wohngebäuden ca. 80 Jahre).

4.3.1.5 Life Cycle Analysis (Ökobilanz): Algorithmus

Im Folgenden soll auf die nach DIN/EN/ISO 14 040 vom August 1997 spezifische Zuordnung von Sachbilanzdaten zu Umwelteinwirkungen eingegangen werden. Die in LCA angegebenen Wirkungskategorien sind in Tabelle 13 zusammengestellt. Innerhalb einer jeweiligen Wirkungskategorie wird eine sogenannte Leitsubstanz definiert. Aus dieser Leitsubstanz wird die Einheit der Vergleichsgröße abgeleitet. Alle anderen Stoffe dieser Kategorie werden in Abhängigkeit ihrer potentiellen schädigenden Umwelteinwirkung auf diese Leitsubstanz bezogen. Das geschieht durch einen Koeffizienten, welcher für jede Substanz einer Wirkungskategorie zu bestimmen ist. Dieser Koeffizient wird mit der emittierten Masse des Stoffes multipliziert, um das Äquivalent zur Leitsubstanz zu erhalten. Je größer der Wert eines Koeffizienten ist, desto negativer sind die Umwelteinflüsse des jeweiligen Stoffes.

Tabelle 13 : Wirkungskategorien für die Wirkungsbilanz

(vgl. auch [103]: Kohler bzw. DIN / EN / ISO 14 042)

Wirkungskategorien nach Kohler	Wirkungskategorien nach DIN / EN / ISO 14 042	Einheit
Treibhauseffekt	GWP 20/100/500 Global Warming Potential	[kg CO ₂ – Äquivalent]
Ozonabbau	ODP Ozon Depletion Potential	[auf CFC-11 normiert]
Photochem. Oxidation	POCP Photochemical Ozone Creation Potential	[kg Ethylen – Äquivalent]
Versäuerung	AP Acidification Potential	[kg SO ₂ – Äquivalent]
Ecotoxizität (Eutropierung)	ECA Aquatic Ecotoxicity	[m ³ Wasser]
	Ressourcenverzehr	[Versorgungssicherheit]
	Bodenverlust / Landschaftsverbrauch	[Flächenanteile gem. DIN]
Überdüngung (NP) Nutrition Potential		[kg PO ₄ ³⁻ – Äquivalent]
Humantoxizität (HCA) Human Toxicology	Toxizität	[Toxizitätsäquivalente]
Abwärme Waste Heat		[TJ]

Abbildung 40 stellt die Vorgehensweise grafisch dar. Wichtig ist, dass ein und derselbe Stoff mehreren Wirkungskategorien zugeordnet werden kann, wenn von diesem Stoff verschiedene Umweltbelastungen ausgehen. Dabei wird der Stoff nicht auf die Wirkungskategorien aufgeteilt, sondern jeweils zu 100% der Kategorie zugeordnet, da stoffbezogene Umwelteinwirkungen nicht aufteilbar sind. Um sicherzustellen, dass subjektive Elemente (z.B.: Modellierung, Beurteilung der Wirkungskategorien) die Annahmen eindeutig beschrieben und dargestellt werden, sind diese transparent zu machen.

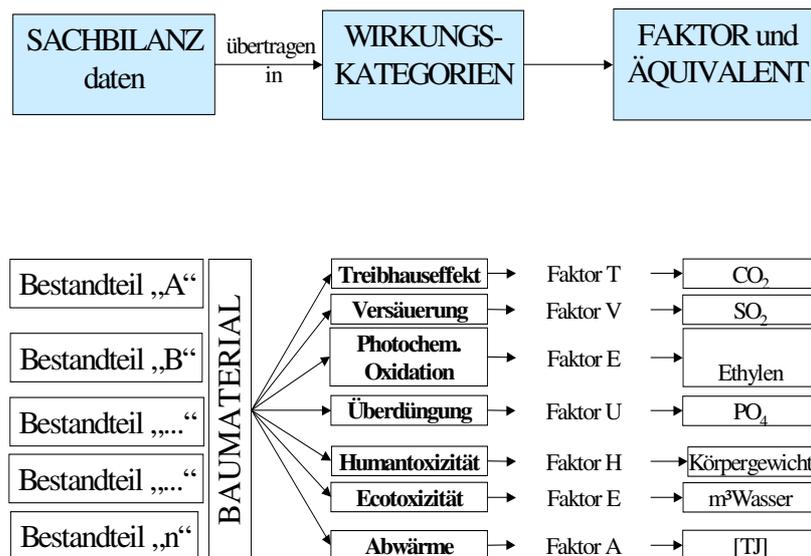


Abbildung 40: Ablauf der Wirkungsbilanzierung

4.3.1.6 Schwachstellenanalyse

Innerhalb der Schwachstellenanalyse sollen Möglichkeiten zur Reduktion von Umweltbelastungen durch die systematische Suche nach Schwachpunkten im Produktlebensweg ermittelt werden. In der Life Cycle Analysis ist dieser Schritt optional. Dazu sind die Ziele der Analyse und mögliche Verbesserungsstrategien vorab zu definieren. In der Fachliteratur finden sich drei allgemeine Strategien zur Reduzierung von Umwelteinwirkungen, die untereinander teilweise in Beziehung stehen.

- Änderung der Produktionsprozesse
- Mehrfache Verwendung von Produkten in geschlossenen Rohstoffkreisläufen
- Veränderung der Produkte

4.3.2 Eco-Indicator Methode

Ziel der Nutzung der Eco-Indicator-Methode ist die Vereinfachung der Produktbewertung und die Möglichkeit zum branchenübergreifenden Vergleich. Dies soll über die Ermittlung eines Maßes, welches alle Einwirkungen auf das Ökosystem in einer einzigen Ziffer zusammenfasst, geschehen. Dieser sogenannte Eco-Indicator ist somit ein einfach zu handhabendes Instrument für Produktentwickler bzw. Planer. Der Wert des Eco-Indicators beschreibt den Umfang der Umwelteinwirkungen, je höher der Wert ist, desto größer sind die ökologischen Belastungen. Eine genaue Liste, welche laufend überarbeitet wird, ist im aktuellen „The Eco-Indicator XX: Manual for Designers“ zu finden „XX“ steht als Variable für die Jahreszahl des letzten Revisionsstandes, im Moment „99“.

Der absolute Wert des Eco-Indicators ist für ein einzelnes Produkt nicht von hoher oder alleiniger Bedeutung. Er ermöglicht es aber, Produkte und Prozesse miteinander zu vergleichen. Ebenso ist es möglich in einer Prozesskette zu analysieren, welche Prozesse bei der Herstellung eines Produktes den größten Einfluss auf die Umwelt haben. Gemäss dem „The Eco-Indicator 99 Manual for Designers“ (vgl. auch [88]: Goedkoop) wird folgende Vorgehensweise beschrieben, bei der die Schritte 1-3 mit der LCA identisch sind:

- (1) :Festsetzen der Absicht für die Eco-Indicator Berechnungen
- (2) :Definition der Lebensphasen
- (3) :Bestimmen von Stoffen und Prozessen
- (4) :Ausfüllen des Formblattes
- (5) :Interpretation der Resultate

Mit der Eco-Indicator-Methode erfolgt die Berechnung der einzelnen Werte, die zur Nutzung in Schritt (4) zum Ausfüllen des Formblattes benötigt werden. Dabei wird in der Eco-Indicator-Methode als erstes eine Gewichtung der einzelnen Auswirkungen entwickelt. Voraussetzung für die Ermittlung des Eco-Indicators ist, dass alle Emissionen die durch ein Produkt während seiner Lebenszyklusphasen entstehen, bestimmt worden sind; so wie dies beispielsweise bei der Ermittlung der Sachbilanz gemäß der LCA geschieht. Durch die direkte Anlehnung an die Life Cycle Analysis Methode wird die Verfahrensweise vereinfacht und Synergieeffekte können genutzt werden, indem die in der LCA bestimmten Daten weiter verwendet werden. Die in der Sachbilanz ermittelten Stoffmengen werden den jeweiligen Umwelteinflüssen in einem zweiten Schritt mengenmäßig zugeordnet, d.h. es werden alle Emissionen, die durch einen Prozess entstehen, aggregiert und in umweltschädigenden Kategorien zusammengefasst. Anschließend erfolgt eine Wichtung. Mittels dieser Wichtung lassen sich die teilweise sehr umfangreichen umweltschädigenden Kategorien in drei Bereiche zusammenfassen: „Human Health“, „Ecosystem Quality“ und „Resources“. Über empirisch ermittelte „Wichtungsfaktoren“ und eine Normalisierung lassen sich nun die ermittelten Anteile zu einem einzigen Wert –dem Eco-Indicator - zusammenfassen.

Der Vorteil der Eco - Indicator Methode liegt zweifellos in ihren einfachen, mathematisch berechenbaren Zusammenhängen. Außerdem sind durch die Anlehnung an die Life-Cycle-Analysis Methode, insbesondere durch die Nutzung bereits bestimmter relevanter Ausgangsdaten, Synergieeffekte zu erzielen. Zusätzlich steht bereits eine sehr breite, in einem anerkannten Verfahren ermittelte, Datenbasis über Emissionsstoffe und deren Mengen zur Verfügung. Ergebnisse aktueller oder detaillierterer Untersuchungen können aufgenommen werden und die Gewichtungsfaktoren lassen sich auf diese Weise immer weiter verbessern.

Die Lebensdauer eines Produktes wird jedoch bei der Eco - Indicator Methode nicht mit berücksichtigt. Dies ist insbesondere bei der Bewertung von langlebigen Produkten, wie im Bauwesen üblich, von erheblichem Nachteil. Fehleinschätzungen können die Folge sein.

Gegenüber der Version von 1995 wurde die wissenschaftlichen Grundlagen zur Ermittlung der Wichtungsfaktoren in der Version von 1999 wesentlich verbessert. Es wird nur noch ein Modell-Ansatz benutzt, nämlich der sogenannte „damage approach“. Die Wichtung zwischen den drei Haupteinflussgebieten ist besser dokumentiert und implementiert.

Der Betrachtungsrahmen wurde wesentlich erweitert. Insbesondere die Aufnahme von Land-Nutzung, Ressourcen-Nutzung sowie Dispersions- und Qualitätsminderungsprozessen führt zu verbesserten Berechnungsmodellen aber gleichzeitig zur Inkompatibilität zwischen Eco - Indicator Version 1995 und Version 1999.

4.3.3 MIPS³¹-Konzept: Material-Input-Per-Service Unit

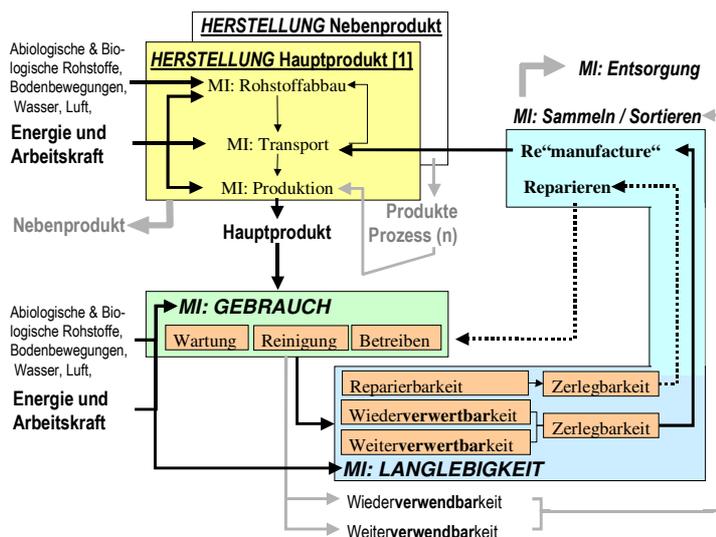
4.3.3.1 Motivation für MIPS

Das MIPS-Konzept wurde von Prof. Dr. Schmidt-Bleek und der Abteilung Stoffströme und Strukturwandel des Wuppertal Instituts entwickelt. Um dem steigenden Bedarf an Gütern in den sich entwickelnden Ländern im Sinne des nachhaltigen Wirtschaftens entsprechen zu können, ist es nötig, alternative Konzepte zur Herstellung und Nutzung dieser Güter zu entwickeln. In diesem Sinne ist der globale Stoffstrom auf der Erde bis ca. 2050 zu halbieren. Dies kann nach Schmidt-Bleek nur erreicht werden, wenn die stoffstromreichen Länder ihre Stoffströme bis ca. 2025 auf 50% und bis 2050 auf 10% des derzeitigen Verbrauchs zu dematerialisieren. Damit haben stoffstromschwache Nationen die Chance ihre derzeitigen Stoffströme zu verdoppeln, d.h. von 20% Anteil auf 40% Anteil zu erhöhen ([116]; Schmidt-Bleek: S. 168 f). Das MIPS-Konzept unterstützt dieses Ziel.

4.3.3.2 Das Konzept

Im MIPS-Konzept werden zwei Grundgedanken zusammengeführt. Material-Input (MI): Hier sollte darauf geachtet werden, Produkte mit einem möglichst geringen Materialaufwand zu realisieren. Per Service Unit (PS - pro Serviceeinheit): Dieser Aspekt unterstützt das Konzept der Dematerialisierung von Stoffen. Dies soll durch Mehrfachnutzung erreicht werden. MIPS betrachtet die in Abbildung 41 dargestellten Komplexe:

Es werden alle Inputs von Materialien bzw. Rohstoffen die der Umwelt entnommen bzw. dort bewegt wurden nach Kategorien getrennt aufsummiert. Zusätzlich werden diejenigen Materialien einbezogen, die indirekt für die Herstellung, Verpackung, zum Betrieb, der Wartung und Reparatur, der Reinigung, sowie der Wiederverwendung und Entsorgung des zu bemessenden Wirtschaftsgutes verbraucht werden. Die ermittelten Material-Inputs werden nach fünf



Kategorien getrennt dokumentiert:

- Abiologische Rohstoffe
- Biologische Rohstoffe
- Bodenbewegungen (Land- & Forstwirtschaft)
- Wasser, Luft

Die Zusammenfassung der Materialströme aller Kategorien ergibt den sogenannten „ökologischen Rucksack“ eines Gutes. Ziel ist es, den Massenanteil des ökologischen Rucksacks, verglichen mit dem Produktgewicht – der Materialintensität - zu optimieren.

Abbildung 41: Ablaufschema des MIPS-Konzepts
(vgl. [116]; Schmidt-Bleek, Abb. 14)

³¹ MIPS: Material Intensity Per Service unit

Tabelle 14: Materialintensitätsverhältnisse (1/MT)
(nach [116]: Schmidt-Bleek, Abb. 4)

Material	Ökologischer Rucksack		
	1	2	3
Bauxit			1:5
Blei			1:19
Braunkohle			1:11
Eisen			1:14
Erdöl	1:0,1		
Gold			1:350.000
Kupfer			1:420
Lehm / Tonsteine			1:2
Naturstein			1: 1,2
Phosphat			1:34
Platin			1:350.000
Sand / Kies	1:0,65		
Silber			1:7500
Steinkohle			1:6
Steinsalz	1:0,3		
Zement			1:10
Zink			1:27

In Tabelle 14 [27] sind Werte zur Berechnung des „ökologischen Rucksack“ angegeben. Die Werte wurden als Mittelwerte im Wuppertal-Institut bestimmt. Bei vorliegenden genaueren Informationen zu Herkunft eines Produktes und Abbauort des Erzes können diese Werte später genauer berechnet werden. Damit kann nun folgender formelmäßiger Zusammenhang zur Berechnung des gesamten Materialinputs (M_i) über alle Teilmaterialien (m) unter Berücksichtigung des „Ökologischen Rucksacks“, auch als Materialintensität (MT) bezeichnet, angegeben werden:

$$M_i = \sum_{m=1}^n (M_i * MT)_m \quad \text{Gleichung 7}$$

Zusätzlich wird in MIPS die sogenannte Umweltbelastungsintensität von Produkten bestimmt. MIPS definiert den Dienstleistungsbegriff umfassender als bisher gewohnt. Service oder Dienstleistung sind demnach die Nutzungsarten, die man vom jeweiligen Produkt abrufen kann, um Bedürfnisse potentieller Nutzer zu befriedigen. Zur Bewertung wird die Menge des Material-Input (M_i), in Beziehung zur Anzahl der Service-Einheiten (Dienstleistungen) des Produktes (n) gesetzt. In die Berechnung werden zusätzlich die nutzenden Personen (p) mit einbezogen, um z.B. bei Automobilen auch zwischen Einzelfahrer und Fahrgemeinschaft unterscheiden zu können. Letztendlich wird ein möglichst geringer Material-Input, eine lange Lebensdauer, und eine häufige Wieder- bzw. Weiterverwendung bei der Entwicklung von Produkten angestrebt. Dies kann nun nach Schmidt-Bleek wie folgt formalisiert werden:

$$MIPS = M_i / S \quad \text{mit: } S = n * p \quad \text{Gleichung 8}$$

Stellt man Gleichung 8 nach M_i ergibt sich folgender Zusammenhang:

$$\sum_{m=1}^n (M_i * MT)_m = M_i = MIPS * S \quad \text{Gleichung 9}$$

Die Anwendung des MIPS-Konzeptes im Bereich des Wohnungsbaus demonstrierte das Wuppertal-Institut gemeinsam mit Partnern. Eine Dokumentation der Entwurfsideen findet sich in ([117]: Schmidt-Bleek u.a.)

4.3.4 Economic Input-Output Analysis

Die *Economic Input-Output Analysis* geht auf Arbeiten Wasiliy Leontiefs zurück. Sie betrachtet gesamtwirtschaftliche Aspekte und ist deshalb zu umfassend ausgearbeitet für die spezifischen Belange des Bauingenieurwesens. Jedoch hat die Betrachtung der gesamten Volkswirtschaft den Vorteil, dass die Bilanzierungsgrenze sehr weit gesetzt wird. Damit werden nach der Argumentation der Forscher an der CMU Fehlerquellen eliminiert, die in der inhomogenen Festlegung von Bilanzierungsgrenzen zu suchen sind. Die Vergleichbarkeit der Bewertungsergebnisse verbessert sich enorm. Ergebnisse können einfacher wieder benutzt werden.

Tabelle 15: „Transaction Table“

(vgl.: [93]: Horvath, S. 31 bzw. [126]: Wei)

Vom Industriezweig gekaufte Produkte							↑					
Produktverkauf an Sektor →	Industriezweig 1	Industriezweig 2	Industriezweig 3	Industriezweig sj	Industriezweig s _{j+1}	Industriezweig s _n		(O) interm. Output	Verkäufe als Zwischenprodukt	(F) final demand	Verkauf als Endprodukt	(X) total output
Produkt 1	p _{1,1}	p _{1,2}	p _{1,3}	p _{1,j}	p _{1,j+1}	p _{1,n}	O ₁	F ₁	X ₁			
Produkt 2	p _{2,1}	p _{2,2}	p _{2,3}	p _{2,j}	p _{2,j+1}	p _{2,n}	O ₂	F ₂	X ₂			
Produkt 3	p _{3,1}	p _{3,2}	p _{3,3}	p _{3,j}	p _{3,j+1}	p _{3,n}	O ₃	F ₃	X ₃			
Produkt p _i	p _{i,1}	p _{i,2}	p _{i,3}	p _{i,j}	p _{i,j+1}	p _{i,n}	O _i	F _i	X _i			
Produkt p _{i+1}	p _{i+1,1}	p _{i+1,2}	p _{i+1,3}	p _{i+1,j}	p _{i+1,j+1}	p _{i+1,n}	O _{i+1}	F _{i+1}	X _{i+1}			
Produkt p _m	p _{m,1}	p _{m,2}	p _{m,3}	p _{m,j}	p _{m,j+1}	p _{m,n}	O _m	F _m	X _m			
(I) interm. input	Vom Industriezweig gekaufte Produkte	l ₁	l ₂	l ₃	l _j	l _{j+1}	l _n					
(V) value added	Eigene Aufwendungen und Gewinn	V ₁	V ₂	V ₃	V _j	V _{j+1}	V _n		BSP			
(X) total input	Gesamte Aufwendung	X ₁	X ₂	X ₃	X _j	X _{j+1}	X _n					

Horvath ([93], S. 31 ff) gibt nun folgende formelmäßige Zusammenhänge zur Ermittlung der Ergebnisse einer (vorerst monetären) horizontalen und vertikalen Sachbilanz an.

Durch Normalisierung der Werte jeweils einer Zeile (p_{i,j}) für alle i mit dem „total output“ X_i ergibt sich die sogenannte „total requirements table“ (oder Matrix) D.

Somit gilt:
$$D_{(i,j)} = (d_{i,j})_{(m,n)} = \frac{p_{i,j}}{X_i} \text{ mit } \begin{matrix} i = 1,2,\dots,m \\ j = 1,2,\dots,n \end{matrix}$$
 Gleichung 10

Mit Tabelle 15 [Tab. 28] ist es nicht direkt möglich, indirekte inputs zu ermitteln (also der Lieferant des Lieferanten). Dazu gibt Horvath folgenden Zusammenhang an:

Somit gilt: $\Delta \mathbf{X} = \Delta \mathbf{F}(I + D + D^2 + D^3 + \dots)$ Gleichung 11

(I entspricht der sog. Identitätsmatrix)

Der Anteil für die indirekten inputs kann nach der Taylor-Reihenentwicklung vereinfacht dargestellt werden als:

$$(I - D)^{-1} = (I + D + D^2 + D^3 + \dots) \quad \text{Gleichung 12}$$

$(I - D)^{-1}$ kann nun auch als sogenannte „total requirements matrix“ (T) bezeichnet werden, da in dieser nun direkte und indirekte inputs berücksichtigt sind.

Somit gilt: $\Delta \mathbf{X} = \Delta \mathbf{F}(I - D)^{-1}$ Gleichung 13

Und $\mathbf{X} = \mathbf{F}T$ Gleichung 14

Schlussendlich definiert Horvath unter der Annahme, dass T konstant bleibt ($T = \text{const.}$), eine Veränderung im Ausstoß eines Produktes (X_i), bezüglich der Veränderung im Konsumverhalten eines anderen Industrieproduktes (X_j) mit $i \neq j$ als:

$$\Delta X_i = \sum_{j=1}^n T_{i,j} \Delta F \quad \text{Gleichung 15}$$

4.3.4.1 Von der monetären Analyse zur Ökobilanzierung

Die Nutzung der Economic Input-Output Analysis (EIOA) zur Betrachtung ökologischer Aspekte ist nicht neu. Horvath gibt hier eine ganze Reihe von Beispielen an. Die direkte Verbindung der EIOA mit der Life Cycle Analysis (LCA) zur Ökobilanzierung von Produkten ist jedoch erstmals von den Forschern der CMU methodisch grundlegend erarbeitet worden. Im folgenden Text soll die prinzipielle Vorgehensweise, wie sie von Horvath und Kollegen erarbeitet wurde, noch kurz dargestellt werden.

Zur Beschreibung der ökologischen Beeinflussung resultierend aus einem Endverbrauch eines Produktes im Umfang einer monetären Einheit (z.B. US\$ 1) wird die Matrix R definiert. Die Elemente dieser Matrix können sein: Materialverbrauch und/oder Indikatoren der Umweltbeeinflussung (vgl. Abschnitt 4.3.1.5 oder Abschnitt 4.3.2). Das Produkt aus Matrix (R) und Vektor des totalen Ausstoß (\mathbf{X}) ergibt den Vektor der totalen Umweltbeeinflussung (\mathbf{E}).

Bei Berücksichtigung der direkten und indirekten Bilanzen (vgl. Gleichung 14) ergibt sich der Vektor der totalen Umweltbeeinflussung (\mathbf{E}_t). Somit ergibt sich:

$$\mathbf{E}_t = R\mathbf{X} = R\mathbf{F}T \quad \text{Gleichung 16}$$

4.4 Informationsmodelle für Bewertungsmethoden

Das vorliegende Kapitel beschreibt prinzipiell wie ein Informationsmodell zur ökologischen Baustoffbewertung aufgebaut sein sollte. Dies geschieht wiederum im Sinne der Arbeit als Habilitationsschrift, also als Anleitung zum Lehren bzw. zur Wissensvermittlung. Mit den hier gegebenen Hinweisen und Analyseergebnissen soll es dem Leser ermöglicht werden, ein detailliertes Modell zu erstellen. Den vorangegangenen Erläuterungen ist zu entnehmen, dass eine vollständige Umsetzung des Informationsmodells eine sehr umfangreiche, komplexe Aufgabe ist, deren detaillierte Erläuterung im Sinne einer Softwaredokumentation den Rahmen der vorliegenden Arbeit in erheblichen Maße sprengen würde.

4.4.1 Muster zur Ökobilanzierung

Im Abschnitt 2.2.1 wurden Muster und Mustersprachen als nachhaltiges Modellierungswerkzeug in Bauwesen und Informatik eingeführt. Die Nachhaltigkeit lag besonders in ihrer implementierungsunabhängigen Art und Weise der Beschreibung begründet. Aus den beiden gegebenen fachspezifischen Musterstrukturen (Architektur vgl. Tabelle 1: Alexander) und (Informatik vgl. Tabelle 2: Buschmann/Gamma) wird nun eine für unser Problem allgemeingültige Musterstruktur abgeleitet. Diese allgemeingültige Struktur wird für die Darstellungen im Anhang benutzt. In der folgenden Tabelle werden die Muster zur Erstellung einer Ökobilanzierung genannt und ihre Struktur dargestellt.

Tabelle 16: Makro-Muster zur Definition Ökobilanzierung

Nr.	Übergeo. Muster	Zugehörige Muster	Name	Inhalt
1	2	3	4	5
MAKRO-Ebene				
<i>R_1</i>	<i>ROOT</i>		<i>Vorgehensweise</i>	
<i>R_10</i>	<i>R_1</i>		<i>Abstraktion</i>	
<i>R_11</i>	<i>R_1</i>		<i>Dekomposition</i>	
<i>R_12</i>	<i>R_1</i>		<i>Formalisierung</i>	
<i>R_13</i>	<i>R_1</i>		<i>Synthese</i>	

Tabelle 17: Mikro-Muster zur Definition Ökobilanzierung

Nr.	Übergeo. Muster	Zugehörige Muster	Name	Inhalt
1	2	3	4	5
MEDIAN-Ebene				
Ö_100	Ö_10	Ö_110 bis Ö_114	Unabhängigkeit	Trenne die Ebenen
Ö_101	Ö_10		<i>Fachspezifik</i>	<i>Schaffe logische & fachspezifische Ebene</i>
Ö_102	Ö_10	Ö_130	<i>Vergleichbarkeit</i>	<i>Vergleichbare, überführbare Elemente</i>
Ö_103	Ö_10		Schnittst.-aufbau	Vereinfache den Aufbau der Schnittstellen
Ö_110	Ö_11		Separierung	Trenne in Ablauf- und Datenmodell
Ö_111	Ö_11	Ö_110	<i>Lokalisierung</i>	<i>Trenne nach örtlichen Aspekten (Produktion)</i>
Ö_112	Ö_11	Ö_110	<i>Diskretisierung</i>	<i>Trenne nach zeitlichen Aspekten</i>
Ö_113	Ö_11	Ö_110	<i>Organisation</i>	<i>Trenne nach organisationalen Aspekten</i>
Ö_114	Ö_11	Ö_110	<i>Funktion</i>	<i>Trenne nach funktionalen Aspekten</i>
Ö_120	Ö_12	Ö_121,122	Bezeichnungen	Schaffe System einheitlicher Bezeichnungen
Ö_121	Ö_12	Ö_120,122	Theorie	Definiere mathematische Grundlage
Ö_122	Ö_12	Ö_120,121	Gleichungen	Stelle gleichungsmäßige Abhängigkeiten dar
Ö_130	Ö_13	Ö_102	<i>Mapping</i>	<i>Definiere Überführung für gleiche Inhalte</i>
Ö_131	Ö_13	Ö_120 bis Ö_122	<i>Aggregation</i>	<i>Erstelle Aggregationsregeln</i>
MIKRO-Ebene				
Ö1010	Ö_101 Ö_131		Granularität	Erfasse Daten genau und fein gegliedert
Ö1020 Ö1310	Ö_102, Ö_130		Überführung	Definiere Überführungsregeln
Ö1100	Ö_110	Ö_1120, Ö_1140	Ablaufmodell	Definiere Ablaufmodell
Ö1110	Ö_111, Ö_113,		Mengenstellen	Definiere Mengenstellenmodell
Ö1120	Ö_112		Lebenszyklus	Beschreibe gesamten Lebenszyklus
Ö1130	Ö_113	Ö1100, Ö1120	Basiseinheiten	Definiere organisationale Basiseinheiten
Ö1131	Ö_113	Ö1130	Funkt. Abhängigk.	Definiere organisationale Abhängigkeiten
Ö1140	Ö_114	Ö1100, Ö1120	Basisfunktionen	Definiere Basisfunktionen
Ö1141	Ö_114	Ö1140	Funkt. Abhängigk.	Definiere funktionale Abhängigkeiten
Ö1311	Ö_131		Gruppierung	Gruppiere Daten nach Gruppen der WiKat

Im Folgenden wird nun auf die einzelnen Aspekte der Anwendung der definierten Muster eingegangen. Es geht um eine Darstellung der Gesamtzusammenhänge und eine Begründung zur Herleitung der Muster und nicht um deren Definition.

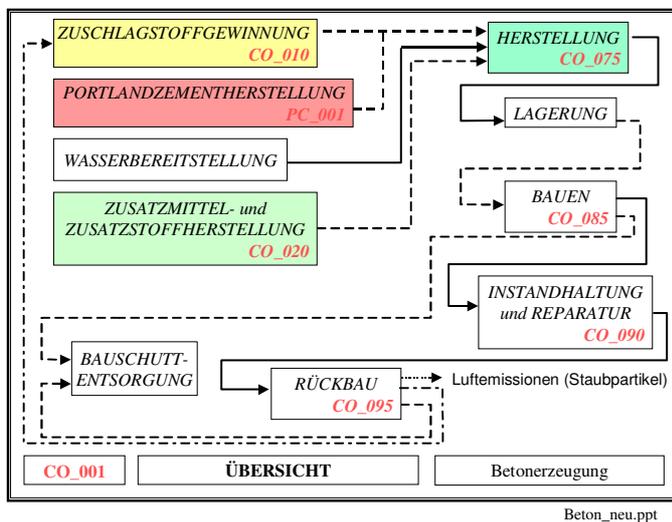
4.4.2 Modellierung der Abläufe (Ö_110)

Im folgenden Abschnitt werden Ablaufmodelle analysiert, die zwischen 1997 und 1998 an der TU Braunschweig unter Leitung des Autors entwickelt worden sind. Die Analyseergebnisse bilden die Grundlage für das im Anschluss dargestellte Datenmodell und die ihm zugrunde liegenden Entwurfsmuster.

4.4.2.1 Problemanalyse

Komposit-Baustoffe müssen über Herstellungsprozesse aufspaltbar sein. Diese Vorgehensweise soll anhand des nachfolgenden Beispiels "Baustoff Beton B25" verdeutlicht werden:

Eine sehr gute Beschreibung der Herstellungsprozesse der wichtigsten Baustoffe ist in ([68]: ERG, AIA) zu finden. Ausgehend von diesen Beschreibungen kann eine formale Darstellung nach der IDEF-Methode vorgenommen werden. Dies ist beispielhaft für die wichtigsten Phasen des Baustoffes Beton in den folgenden Abbildungen dargestellt.

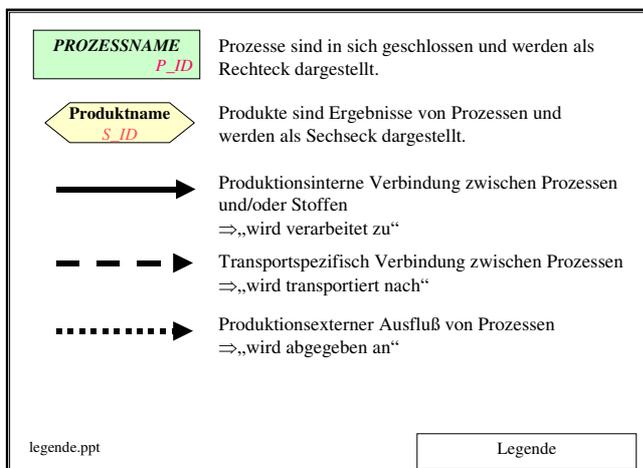


MODULARITÄT

Muster: (Ö_114, Ö1100, Ö1120):

Abbildung 42 stellt dar, wie die Betonerzeugung und der Betoneinbau in Anlehnung an die Methode IDEF dargestellt werden kann. Aus IDEF wurde das Prinzip der modularen Gliederung übernommen. Ergänzt wurde die IDEF-Notation um die im ERG vorgeschlagenen Notationen zur unterschiedlichen Darstellung von Prozessen und Produkten.

Abbildung 42: Gesamtübersicht Betonherstellung



Die Darstellung der Notation ist der nachfolgenden Legende unterhalb von Abbildung 42 zu entnehmen.

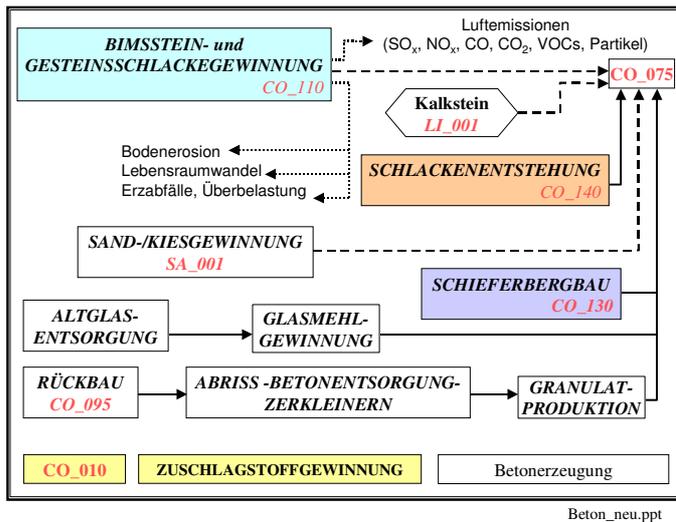


Abbildung 43: Übersicht Zuschlagstoffgewinnung

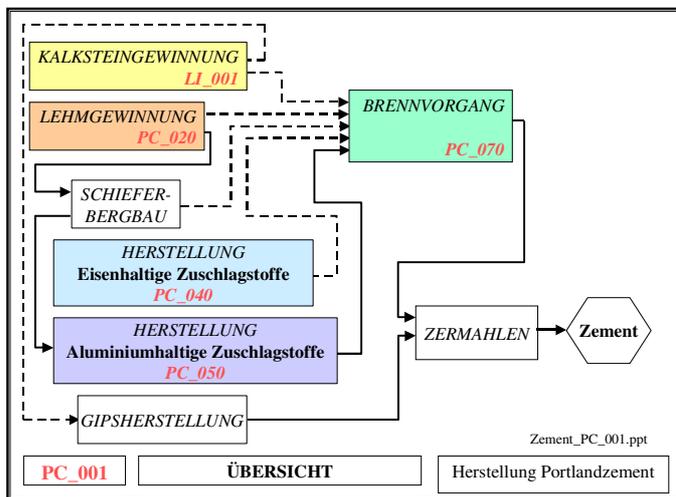


Abbildung 44: Übersicht Zementherstellung

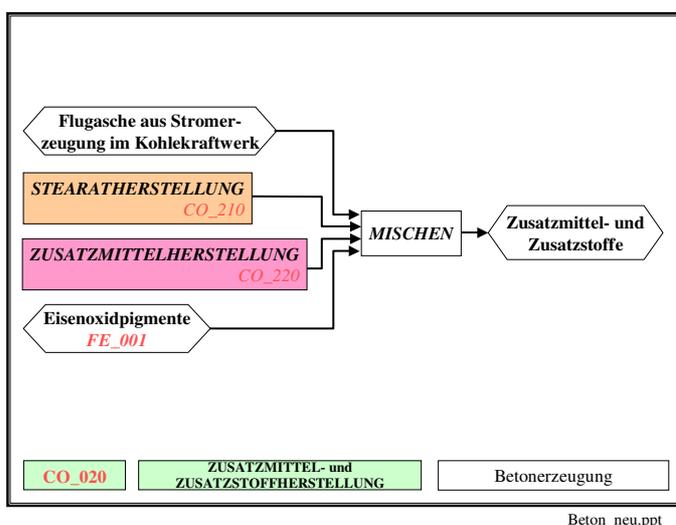


Abbildung 45: Zuschlagmittel- & Zusatzstoffherstellung

GRANULARIÄT – DRILL-DOWN

Muster: Ö_113, Ö1110

Abbildung 20 stellt nun dar, wie innerhalb eines Baustoffes ein Prozess detaillierter betrachtet werden kann. Damit ist im Modell die „Drill-Down“-Methode aus dem Bereich des Data-Warehousing eindeutig und anschaulich nachvollziehbar und im Modell darstellbar. Der Nutzer hat also die Gelegenheit, auf unterschiedlichen Granularitätsstufen eine Baustoffbewertung vorzunehmen.

BILANZ- und SYSTEMGRENZEN

Muster: Ö_111, Ö1110

Abbildung 44 verdeutlicht, wie innerhalb der Modellierung von Verbundwerkstoffen eindeutig in die einzelnen Bestandteile getrennt werden kann. Im konkreten Fall erfolgt die Darstellung der Zementherstellung nicht mehr in der Kategorie „CO_xxx“ für „concrete – Beton“, sondern unter der Nomenklatur „PC_xxx“ „portland cement – Portlandzement“

KOMPLEXITÄT - INTEGRATION

Muster: Ö110, Ö1311

Abbildung 45 stellt dar, wie Stoffe direkt innerhalb der Prozesskette modelliert werden können, ohne auf einen konkreten Erzeugungsprozess eingehen zu müssen. Bei der Nutzung von Beiprodukten oder Recyclingprodukten kann die Modellierung in dieser Form wesentlich zur Reduzierung der Komplexität des Informationsmodells beitragen.

4.4.3 Modellierung der Daten (Ö_110, Ö_111, Ö_112, Ö_120)

Über einen Baustoff (z.B.: Beton B25) von einem beliebigen Hersteller liegen detaillierte Werte vor, d.h. entsprechende Datensätze zur Beschreibung der Wirkungskategorien für diesen Baustoff sind vorhanden, und die Zusammensetzung des Betons B25 ist genauestens bekannt. Es lässt sich nun der Baustoff Beton B25 über einen Herstellungsprozess Betonherstellung aufschlüsseln. Dazu müssen die einzelnen Komponenten des B25 auch als Materialien einzeln beschreibbar sein, z.B. Sand und Zement. Ein erstes Datenmodell wird im Folgenden entwickelt. Es soll für Baustoffanalysen nach den Wirkungskategorien der LCA geeignet sein (vgl. Pkt. 4.3.1.5, Tabelle 13, Wirkungskategorien für die Wirkungsbilanz).

Datenstruktur 1:

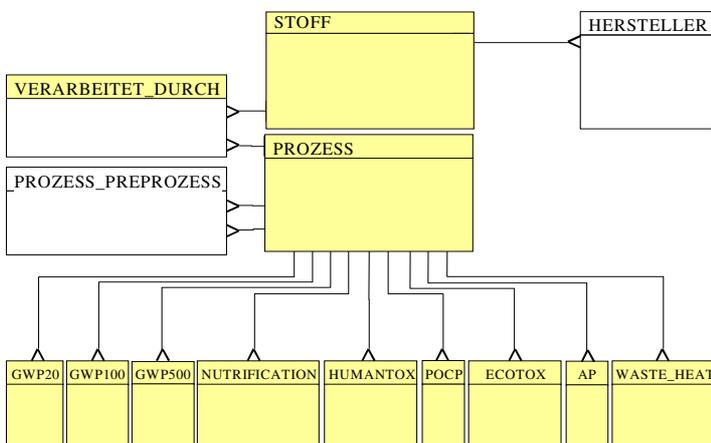


Abbildung 46: Datenstruktur 1 – Verwaltung von Stoffen, Prozessen & LCA-Kennwerten

Die in Abbildung 46 dargestellte Datenstruktur ist sehr anschaulich und verdeutlicht in sehr einprägsamer Art und Weise das Vorgehen während der LCA. Andererseits verfügt es aber für die Bearbeitung über folgende Mängel:

(1) Programmierung der Kennwertebe-rechnung: Das Ansprechen der Attribute der Tabellen der Wirkungskategorien ist problematisch, da das Auffinden des Faktors zu einer bestimmten Emission durch den Wechsel Attribut zu Datensatz schwierig ist.

(2) Datenhaltung und Erweiterbarkeit: Neue Wirkungskategorien mit neuen Emissionen und Faktoren bzw. Änderungen von Emissionszugehörigkeiten und Faktoren betreffen immer die Datenstruktur, d.h. es müssen Tabellen (und nicht Datensätze) neu erstellt bzw. geändert werden. Dieser Mangel ist wesentlich größer, da zu einer Änderung der Datenstruktur in der Regel immer administrative Aktivitäten nötig sind.

Beschreibung der Datenstruktur der Version 2:

Es gilt also, eine Datenstruktur zu entwickeln, die es erlaubt, dass mehrere und auch neue Wirkungsbilanzen einfach verwaltet werden können. Abbildung 47 [57] beschreibt ein wesentlich erweitertes Datenmodell. In ihm spiegeln sich ebenfalls die drei wesentlichen Schritte der LCA wider, die in Abbildung 47 noch einmal links angetragen sind:

(1) Definition der Bilanzgrenzen (Ö_10): Im Modell der Datenstruktur 1 war zwingend erforderlich die Berechnungen immer für eine vorher bestimmte Mengeneinheit des zu bilanzierenden Baustoffes vorzunehmen. Die Bilanzgrenzen wurden innerhalb des Datenmodells nicht dokumentiert.

(2) Durchführung der Sachbilanz (Ö 111, Ö 112): Durch die Möglichkeit der Zuordnung von Emissionen und Energien zu Prozessen und nicht nur zu den Wirkungskategorien können auch nicht verarbeitende, aber bilanzverändernde Prozesse besser im Modell abgebildet werden. Wie später noch zu zeigen sein wird, kann durch die Integration Workflowmanagement (WFM) mit Ökobilanzierung hier auch die im WFM bereits vorgenommene hierarchische Prozessgliederung übernommen werden.

(3) Berechnung der Wirkungsbilanz (Ö1311): Die Datenstruktur 2 enthält nun die Möglichkeit der Integration zur Verwaltung von Rechenregeln. Damit wird das Modell generisch. Es ist für ein mehrdimensionales Datenmanagement im Sinne der Data Warehouse Technologie vorbereitet. Die Definition der verschiedenen Arten der Wirkungsbilanzierung ist nicht nur für die LCA, sondern auch für andere Bewertungsmethoden wie z.B. Eco-Indicator, möglich.

Der in Abbildung 47 [57] dargestellte Datenstruktur 2 könnte als Nachteil vorgehalten werden, dass die hohe Spaltenanzahl der Wirkungskategorietabellen aufgelöst wurde in eine erheblich größere Anzahl von Datensätzen, besonders in der Tabelle *WiKatQuantität*. Dem sei entgegnet, dass sich die benötigte Zeit zum Auffinden eines Datensatzes nicht linear mit der Anzahl der Datensätze ändert, d.h. die Bearbeitungszeit bei großer Anzahl von Datensätzen erhöht sich nicht drastisch.

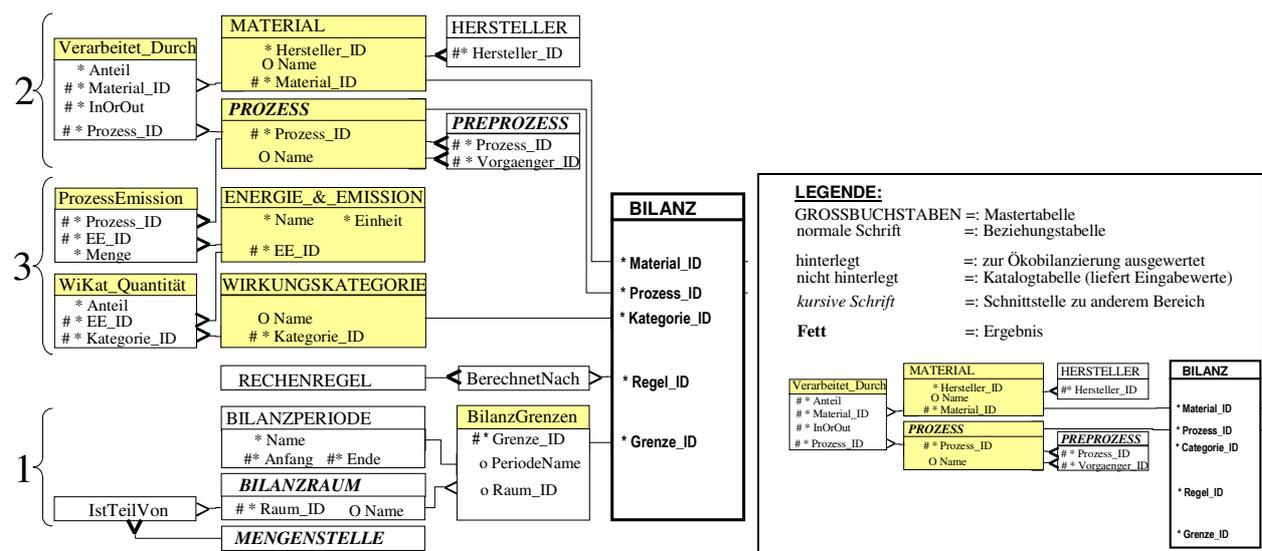


Abbildung 47: Datenstruktur 2 – flexible Bilanzierung

(1) BILANZGRENZEN (Ö 10, Ö 101, Ö 111, Ö 112):

In der Mastertabelle Bilanzperiode kann ein Zeitraum als Bilanzperiode definiert und durch einen Namen charakterisiert werden.

In der Mastertabelle Bilanzraum werden sogenannte Mengenstellen zu einem Bilanzraum zusammengefasst. Hier handelt es sich um die Zusammenfassung von (örtlichen) Organisationseinheiten (z.B. alle Abteilungen Zementwerk Rüdersdorf)

In der Beziehungstabelle Bilanzgrenzen können die Bilanzperioden und die Bilanzräume miteinander in Beziehung gesetzt werden. Es ist auch möglich nur Perioden oder nur Bilanzräume zu betrachten.

(2) SACHBILANZ (Ö111, Ö112):

In der Mastertabelle *Material* (Ö1010) werden die Baustoffe abgespeichert. Es sind zunächst nur das Hauptschlüssel-Attribut *Material_ID* und das Attribut *Name* vorhanden. Diese Tabelle ist später erweiterbar z.B. für Informationen über Hersteller, Preise, Haltbarkeit, usw. (im Bild Herstellerinformationen).

Die Mastertabelle *Prozess* (Ö_1130) dient der Verwaltung der stoffverändernden Prozesse. Prozesse werden beschrieben durch das Hauptschlüssel-Attribut *Prozess_ID* und das Attribut *Name*.

In der Beziehungstabelle *Verarbeitet Durch* (Ö1131) werden die Abhängigkeiten zwischen Baustoffen und ihren Herstellungsprozessen abgebildet. Das Attribut *InOrOut* kennzeichnet, ob ein Baustoff (i) Ausgangsprodukt (input) oder (o) Endprodukt (output) eines Herstellungsprozesses ist. Für den Fall (i) ist zusätzlich der prozentuale Anteil (Attribut *Anteil*) des Baustoffes anzugeben.

Beispiel: Der Baustoff "Kalk" ist Endprodukt des Herstellungsprozesses "Kalkabbau", die Anteiligkeit beträgt also 100%. Der Baustoff "Kalk" ist aber auch Ausgangsprodukt des Prozesses "Zementherstellung" mit einer Anteiligkeit ungleich 100%.

(3) WIRKUNGSBILANZ (Ö1311)

Die Mastertabelle *Energie Emission* (Ö1010) stellt den Katalog aller Emissionen bzw. Energien, die bilanziert werden, dar. Jede Emission wird beschrieben durch das Hauptschlüssel-Attribut *EE_ID* und das Attribut *Name*. Zusätzlich wird das Attribut *Einheit* mit verwaltet, um unterschiedliche Größen verwalten zu können. (z.B. Energie "Abwärme" - Einheit "J", Emission "Arsen" - Einheit "kg")

In der Mastertabelle *Wirkungskategorie* (Ö1311) werden alle Arten von Wirkungskategorien aufgenommen (vorerst nur aus LCA). Vorhanden sind die Attribute *Kategorie_ID* und *Name*, wobei *Kategorie_ID* einen Datensatz eindeutig kennzeichnet. Mögliche Einträge sind die Wirkungskategorien GWP, POCP, Nutrification, Humantox, Ecotox, AP und Waste Heat.

Hier zeigt sich der Vorteil gegenüber Version 1: Die Sonderbehandlung der Wirkungskategorie GWP wird aufgelöst durch die Beziehungstabelle *WiKat_QUANTITÄT* mit dem Attribut *Anteil*, so dass die "Unterkategorien" GWP20, 100 und 500 problemlos gebildet werden können. Denkbar ist hier auch das Hinzufügen weiterer Kennwerte, wie z.B. dem Eco-Indicator

In der Beziehungstabelle *Prozess Emission* (Ö1141) wird den Herstellungsprozessen die (zunächst) skalare Größe der Energie oder Emission zugeordnet. Die skalaren Größen der Emissionen werden aufgenommen durch das Attribut *Menge* und stammen aus Angaben der Hersteller bzw. anderen externen Quellen.

Werden zukünftig Fuzzy-Eingangswerte erwartet, so ist die Tabelle um die entsprechenden Attribute zu erweitern. Dies wären bei Trapezzahlen Attribute für die Unsicherheitsbereiche "alpha" und "beta", sowie für das Plateau "m" und "n".

In der Beziehungstabelle *WiKat Quantität* (Ö1141) wird die Beziehung zwischen den Wirkungskategorien und deren Emissionen mit den entsprechenden Wichtungsfaktoren definiert.

Beispiel: Die Emission "CH₄ Methan" geht in der Wirkungskategorie "GWP_20" mit einem Wichtungsfaktor von 35 ein, während sie aber auch dem "GWP_500" mit dem Wichtungsfaktor 4 zugeordnet ist.

(5) BILANZAUSWERTUNG (Ö 120 bis Ö 122, Ö1020):

Die **Ergebnistabelle Bilanz** ermöglicht es, für jeden Herstellungsprozess oder für jedes Material in jeder Wirkungskategorie einen Wert als Ergebnis der Wirkungsanalyse zu berechnen. Dieser ergibt sich als Summe aller gewichteten Emissionsgrößen innerhalb der Wirkungskategorie und wird mit Hilfe dieser Tabelle berechnet. Die Ergebnisse können z.B. in einer Data-Warehouse Struktur abgelegt werden. Die Herkunft wird aufgezeichnet durch die Attribute *Prozess_ID* bzw. *Material_ID* und *Kategorie_ID*. Die Berechnung erfolgt nach der in *Regel_ID* angegebenen Rechenregel (über separate Tabelle verwaltet).

4.4.4 Ergebnisdarstellung und -verwaltung (Ö_120 bis Ö_122)

Die Verwaltung, insbesondere der Zugriff auf Ergebnisse der verschiedenen Verfahren der Ökobilanzierung bedarf einer effizienten und technisch ausgereiften Methode. Die in Abschnitt 2.6 vorgestellte Technologie der mehrdimensionalen Datenverwaltung mittels Data Warehouse Technik ist eine Möglichkeit dazu.

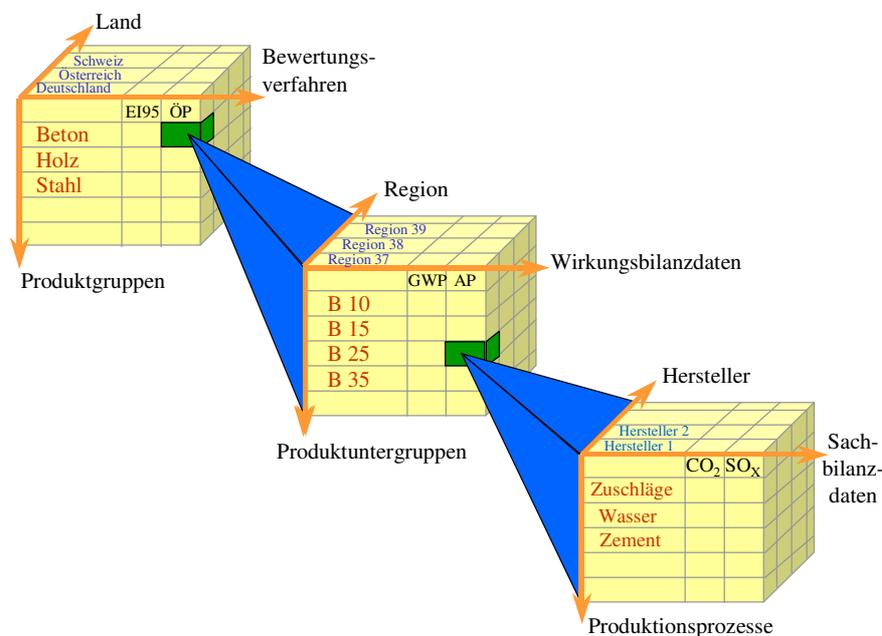


Abbildung 48: Ergebnisdarstellung in Datenwürfeln

(nach [100]: Karr, Menzel, Kollinger)

Abbildung 48 gibt an, auf welche Art qualitativ unterschiedliche Stufen der Ergebnisdarstellung für den Architekten, Ingenieur oder auch den Bauherren möglich sind. So wird zu Beginn der Planungen sicher nur eine allgemeine Aussage zur Ökobilanz eines Baustoffes in einer Region gewünscht werden. Mit fortschreitender Planung und nach Fertigstellung kann dann mit Hilfe des Drill-Down und Slicing eine immer feinere Granularität, abgestimmt auf einen bestimmten Hersteller, konkrete Bestandteile des Baumaterials und bestimmte Wirkstoffe detailliert analysiert werden.

4.4.4.1 Eine Data Warehouse Struktur (Ö_121, Ö_122)

Zur Definition ausgewählter Dimensionen eines Data Warehouse können folgende Abhängigkeiten und Strukturen aufgestellt werden.

BILANZRAUM:

Als Bilanzgrenze (BG) wird die Schnittmenge über den Zeitraum der Bilanzperiode (BP) und den gesamten Bilanzraum (BRg) definiert. Ein gesamter Bilanzraum kann sich aus mehreren Teilräumen zusammensetzen.

$$BG = BP \cap BR_g \text{ mit } BR_g = \sum BR \quad \text{Gleichung 17}$$

DIMENSIONEN und deren AGGREGATION:

Die Definition der Dimension „Produkt“ könnte nun wie folgt vorgenommen werden. Neben der Dimensionshierarchie werden die Prozesse zwischen den Hierarchiestufen und die Aggregationsregeln für eine bottom-up Aggregation beschrieben.

Dimensions-hierarchie	Prozesse mit $i \in BG$	Aggregations-Regel Stoffstrom, embodied energy	
Bauwerk (Ba)	$Pi_{Ba} =$ mit $i = 1..n$ und $n = 5$ Recycling $i=5$ Instandsetzung $i=4$ Nutzung $i=3$ Erstellung $i=2$ Transport $i=1$	$E = E_{Ko} + \sum_{Pi_{Ba}} (E_i - E_o)$ $M = M_{Ma} + \sum_{Pi_{Ba}} (M_i - M_o)$	Gleichung 18 Gleichung 19
Komponente (Ko)	$Pi_{Ko} = \dots\dots$ mit $i = 1..n$ und $n = 5$ Recycling $i=5$ Instandsetzung $i=4$ Nutzung $i=3$ Produktion $i=2$ Transport $i=1$	$E = E_{Ma} + \sum_{Pi_{Ko}} (E_i - E_o)$ $M = M_{Ma} + \sum_{Pi_{Ko}} (M_i - M_o)$	Gleichung 20 Gleichung 21
Material (Ma)	Hilfsprozesse =: $HP = H_{Ma} \cup T_{Ma}$ Herstellung H_{Ma} Transport T_{Ma}	$E_{Ma} = \sum_{HP} E - E_o$ $M = \sum_{St} M_i + \sum_{HP} M_i - M_o$ $H_{Ma} \in BG$ $T_{Ma} \in BG$	Gleichung 22 Gleichung 23
Stoff (St)			

Legende:
 M =: Material, E =: embodied energy
 i = : input o=: output

4.4.5 Integration der Ökobilanzierung (Ö_102)

Die Ökobilanzierung wird sich nur dann zu einem alltäglich genutzten Werkzeug entwickeln, wenn sie in den Entwurfs- und Bewirtschaftungsprozess von Bauwerken integriert ist. Dazu ist es nötig, (A) die Vorgehensweise abstrakt, verständlich und unabhängig von dv-Implementierungen zu beschreiben sowie (B) den Prozess der Ökobilanzierung in bestehende Prozesse (im Bauwesen) zu integrieren, wie z.B. die Materialwirtschaft oder das Facility Management. Es kommt also auch hier darauf an, eine „Daten-Kreislaufwirtschaft“ als Ziel anzustreben, um erfasste Informationen mehrfach nutzen zu können und einen möglichst günstigen Koeffizienten Nutzung pro erfasster Information (in Analogie zu „MIPS“) zu erreichen.

4.4.5.1 Prozessintegration (Ö_130)

Die Integration der Ökobilanzierung in bestehende Prozesse des Bauwesens soll an Hand der Integration in Ablaufprozesse erläutert werden. Mit Hilfe der Methode IDEF-0 lässt sich beispielsweise eine sehr abstrakte Form der Beschreibung der HOAI aufstellen. Wie dies exakt geschehen kann, ist in ([48]: Breiting) dargestellt und umgesetzt. Mit Hilfe von IDEF-0 lassen sich nun auch die Zusammenhänge zwischen Mustern, welche die Vorgehensweise bei der Ökobilanzierung beschreiben, modellieren. Somit wird es möglich, in einer dv-gerechten Form ein erstes, abstraktes Modell der Integration zu entwerfen.

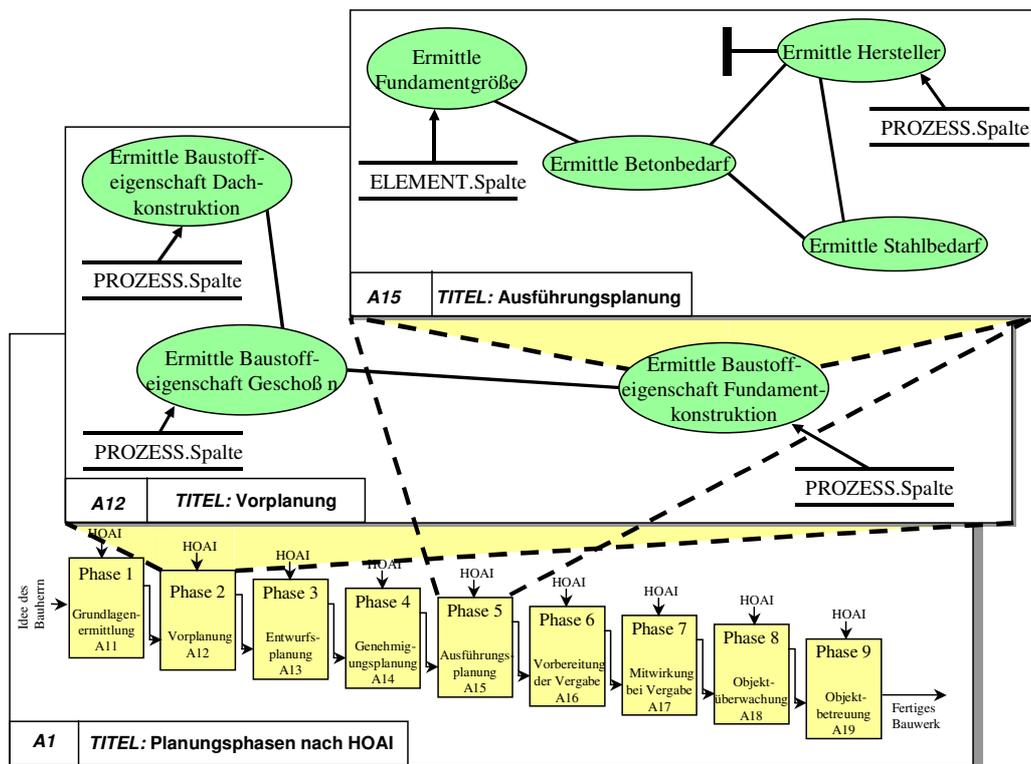


Abbildung 49: Integration HOAI-Phasenmodell und Ökobilanzierung

(nach [100]: Karr, Menzel, Kollinger)

Für den Bereich der fertigen Industrie geben ([109], Krcmar u.a.) eine Vorgehensweise zur Integration der Ökobilanzierung in die innerbetriebliche Materialwirtschaft mit der Methode ECO-Integral an. Bei der Beschreibung von ECO-Integral bedienen sich Krcmar und seine Kollegen der allgemeingültigen Methode „ARIS“ zur Modellierung (vgl. Abschnitt 2.5.2: ARIS). Für den Bereich des Bauwesens ist ECO-Integral nicht ausreichend, da nur ungenügend auf die Erstellung komplexer Produkte durch eine Gruppe von Produzenten eingegangen wird.

Gerade die Definition der Abläufe in der Bauplanung, das Zusammenspiel und die Verantwortlichkeit der einzelnen Beteiligten für das Gesamtprodukt Bauwerk wird in der HOAI geregelt. Der in Abbildung 49 [59] dargestellte Modellierungsansatz erweitert also die bereits angearbeiteten Lösungsansätze aus anderen Industriezweigen.

4.5 Zusammenfassung

Zwar sind am Markt schon eine Vielzahl von Werkzeugen zur rechnergestützten Ökobilanzierung verfügbar, wie z.B. SimaPro³² oder GEMIS³³, jedoch sind diese Werkzeuge nur bedingt für ein integriertes Arbeiten mit anderen Planungs- und Entwurfswerkzeugen geeignet.

Um eine derartige Integration softwareseitig umsetzen zu können, bedarf es jedoch einer umfassenden, vollständigen Beschreibung und Dokumentation der Daten und Algorithmen. Diese komplexe Dokumentation sollte leicht verständlich lesbar sein und der Nutzer sollte sich diese schnell erschließen können. Eine allgemeingültige, in verschiedenen Abstraktionsgraden erstellte Dokumentation und Modellierung der Software einerseits sowie der Informationsflüsse andererseits ist mit den benutzten Methoden Sprechakttheorie und musterorientierte Modellierung sehr gut möglich, insbesondere die Modellierung der fachübergreifenden Aspekte wird hier für komplexe Sachverhalte möglich.

Entwicklungs-Potentiale

Die Nutzung der Data Warehouse Technologie ermöglicht nicht nur die mehrdimensionale Darstellung und Analyse von komplexen Daten, sondern beinhaltet auch das Data Mining. Mit dem Data Mining wird eine sehr umfangreiche Auswertung der ökologischen Baustoffwerte in der Zukunft möglich werden.

Dazu bedarf es jedoch eines konsolidierten Datenbestandes. Die Konsolidierung einmal erfasster Daten ist eine wesentliche Aufgabe des Data Warehouse. Deren Fähigkeit Daten in unterschiedlicher Granularität darstellen und verwalten zu können, ist sehr vorteilhaft.

Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass Daten zu ökologischen Kennwerten von Baustoffen vollständig und homogen vorhanden sind. Die Nutzung der Fuzzy Theorie stellt eine Lösungsmöglichkeit dar.

³² SimaPro: <http://www.pre.nl/simapro/>

³³ GEMIS: <http://www.oeko.de/service/gemis/> (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme)

5 Informationsgesellschaft und Bauen

Neue Informations- und Kommunikationstechnologien werden zweifellos Inhalt, Umfang und Aufgaben des Bauwesens wesentlich beeinflussen. Wie weit werden Informations- und Bautechnik mittelfristig integriert sein? Eine Frage, die nicht einfach zu beantworten ist. Zur Beantwortung der Frage ist es nötig, drei Themenkomplexe zu durchdringen:

- der Einfluss der Informations- und Kommunikationstechnik (IuK) auf unser Tun, d.h. die Veränderung unserer Arbeitsinhalte infolge sich verändernder Märkte oder der Globalisierung der Wirtschaft (vgl. dazu auch Kapitel 3)
- Einflüsse, die sich aus der Notwendigkeit ergeben, Ressourcen auf verschiedenen Ebenen direkt und indirekt nachhaltig einzusetzen (vgl. dazu auch Kapitel 4)
- der Einfluss von IuK auf die zukünftige bauliche Gestaltung.

Zu allen drei Themenkomplexen gibt es zahlreiche Veröffentlichungen, die jeweils umfassend einzelne Aspekte beleuchten. Daniels [74] beantwortet die Frage zum Bauen in der Informationsgesellschaft mit einer kaskadierenden Begriffskombination: Low-Tech – Light-Tech – High-Tech.

„Low-Tech“ steht dafür, Gebäude einfach zu gestalten und so weit wie möglich direkt mit den natürlichen Ressourcen des jeweiligen Außenraumes zu betreiben.

„Light-Tech“ weist darauf hin, dass es notwendig ist, nicht nur recyclefähige Baustoffe einzusetzen, sondern vielmehr Bauten so zu entwickeln, dass sie möglichst ressourcensparend geplant [und betrieben - Ergänzung des Autors] werden.

„High-Tech“ symbolisiert, dass der Einfluss der zukünftigen Informations- und Kommunikationssysteme sich zunehmend auch im Bauen niederschlagen wird. Er wird unser Arbeiten verändern und neue Ansprüche mit sich bringen, die darauf hinauslaufen, Bauobjekte so zu gestalten, daß sie in einfachster Art und Weise umgenutzt werden können und sich jeweils auch den neuesten technischen Standards anpassen.

Bauen in der Informationsgesellschaft fordert von Gebäuden eine größere Flexibilität. Mit Begriffen wie „Intelligente Gebäude“, „Intelligent Workplace“ (vgl. Abschnitt 5.3: Hartkopf) oder „mobile Immobilien“ ([74], Daniels, S. 214 ff) versucht man diese Art Gebäude zu charakterisieren:

- Ihr technischer Ausrüstungsgrad ist für den tatsächlichen, momentanen Bedarf der jeweiligen Nutzungsart optimiert. Nutzeransprüche werden möglichst direkt aus der Umwelt bedient. Baukonstruktion und Technik genügen hohen ökologischen Ansprüchen: d.h. ein Minimalverbrauch an „grauer Energie“ und ein Maximum an Recycelfähigkeit sind sichergestellt.
- Sie lassen sich umnutzen und jederzeit auf einfachste Art modifizieren, so dass sie über einen langen Lebenszeitraum effizient zu betreiben sind. Nutzungszyklen werden vorab simuliert. Die notwendigen Einrichtung zur Gebäudeautomation sowie der Informations- und Kommunikationstechnik sind integraler Bestandteil der Bauwerke.
- Sie unterstützen die verschiedenen Organisationsmodelle. Sie erhöhen die Arbeits- und Lebensqualität und tragen somit zur Produktivitätssteigerung bei.
- Sie sind in verdichteten, durchgrüntem Stadträumen positioniert. Wohnen und Arbeiten sind verbunden. Sie wirken der Zersiedlung entgegen.

5.1 Szenarien der Zukunft: Neue Arbeitswelten - Weltweite Vernetzung

Der Weg in die Informationsgesellschaft ist sicher nicht eindeutig definierbar. Zweifellos lässt sich jedoch erkennen, dass vernetzte, enträumlichte, zeitlich unabhängige, virtuelle Welten unsere bisher gewohnte Umwelt ergänzen. Sie greifen in unser Leben ein und werden in steigendem Maße angenommen. Bereits 1998 nutzten weltweit ca. 30 Mio. Menschen das Internet. Es wurde damals ein jährlicher Zuwachs von 100% prognostiziert, wonach im Jahre 2005 alle Erdenbürger einen Anschluss an die Datenautobahn haben müssten. Diese Prognose tritt sicher nicht ein. Fest steht aber auch, dass ein Prozess vorangetrieben wird, der scheinbar wie eine sich selbst erfüllende Prophezeiung wirkt.

Weltweite Vernetzung macht Wissen scheinbar jederzeit international verfügbar. In den Industrienationen rückt es zum entscheidenden Produktionsfaktor auf.

5.1.1 Auflösung der Architektonik?

Architektonik bezeichnet den streng gegliederten, planmäßigen Aufbau eines Kunstwerkes, einer Lehre oder neuerdings auch einer Software. Der Begriff wurde von der Baukunst – der Architektur – übertragen. Ist die Integration der Informations- und Kommunikationstechnologien in unsere (gebaute) Umwelt nun gleichbedeutend mit einer Auflösung der Architektur, sind Informationsräume tatsächlich anders strukturiert bzw. organisiert als unsere bisherigen in Bibliotheken organisierten Nachschlagewerke und Wissensspeicher? Lösen die virtuellen Welten unsere realen Strukturen ab oder ergänzen sie diese?. Daniels stellt dazu die bewusst überspitzt formulierten Fragen in den Raum ([74], Daniels, S. 30 ff):

„Datenautobahn statt Autobahn? - Datenbanken statt Bibliotheken?“.

Beim Versuch der Beantwortung dieser Fragen stützt er sich wiederum auf eine andere Veröffentlichung, William J. Mitchell's Buch „The City of Bits: Leben in der Stadt des 21. Jahrhunderts“ ([112], Mitchell). Sehr euphorisch beschreibt Mitchell darin seine Perspektive der Stadt in der Informationsgesellschaft, hauptsächlich als eine Stadt der Computer, der Datenautobahn und der damit verbundenen neu verfügbaren Dienstleistungen. Zu Beginn der Ausführungen wird das „enträumlichte“ Arbeiten genauso gepriesen wie die Möglichkeiten des unbegrenzten Erkundens oder Erlebens. Natürlich kommt der Architekt Mitchell schließlich zur Erkenntnis, dass wir nicht total im Cyberspace aufgehen wollen, sondern noch das suchen, was uns auch heute interessiert: reale Baumassen, reale Außenräume, Gebäude, die bestimmte Funktionen erfüllen, Bauwerke die Energie verbrauchen. Die verfügbaren und integrierten Mittel und Methoden der „IuK³⁴“ werden jedoch zu besserer Effizienz dieser Bauwerke beitragen, verglichen mit den Bauwerken, mit denen wir uns zur Zeit umgeben. Bei dem Versuch der Beschreibung der Szenarien der Zukunft geht es auch um die Frage, ob wir nicht bereits heute in Ansätzen Lösungen finden, die den Anforderungen einer nachhaltig strukturierten Informationsgesellschaft gerecht werden, wenn wir sie anpassen, umrüsten, verdichten und optimieren. Sicher werden sich unsere Vorstellungen von Versammlungsort, Gemeinschaft und städtischen Leben verändern.

³⁴ IuM: Informations- und Kommunikationstechnik

Wir werden sie jedoch nicht völlig neu definieren müssen, da im Sinne der nachhaltigen und integrierten Analyse auch die soziokulturelle Komponente bei der Betrachtung der technischen Möglichkeiten mit einbezogen werden muss. Hier liegt nach Meinung des Autors der Grund für die mangelnde Bestätigung der Thesen Mitchells. Nichts desto weniger werden neue Entwicklungen durch die Analyse und Betrachtung von den folgenden, u.a. von Mitchell vorgeschlagenen, Themenpaaren zu finden sein:

AUSPRÄGUNG:	TOPOLOGIE und STRUKTUR	PROZESS	TECHNISCHE UMSETZUNG
räumlich / antiräumlich körperlich / unkörperlich	benachbart / verbunden fokussiert / fragmentiert	synchron / asynchron Voyeurismus / direkte Beteiligung	Schmalband / Breitband

5.1.2 Informationstechnik, Gesellschaft und bauliche Gestaltung

Baumeister sorgen seit Tausenden von Jahren für Schutz, Wärme und Sicherheit, schaffen Räume, stimmen Materialien aufeinander ab und sorgen für hygienische Zustände in Gebäuden. Von ihnen gestaltete Fassaden reflektieren in ihrer Architektur, welche Tätigkeiten, Organisationen oder soziale Gruppen ein Gebäude nutzen. Die innere Organisation eines Hauses repräsentiert das physische Schema der Organisations- und Lebensformen seiner Nutzer.

Waren es bis vor wenigen Jahren nur die Bauwerke und deren Einrichtungen, die Organisationen in ihren Aktivitäten unterstützten, so sind es heute auch moderne elektronische Medien und Software. Die digitalen, elektronischen Komponenten gewinnen zunehmend mehr Bedeutung gegenüber den physischen Komponenten. Der Bedarf an umbautem Raum beginnt sich zu verringern; Nutzungsprofile ändern sich dramatisch.

Büros als Orte der Arbeit mit Information und als Statussymbol informationsverarbeitender Organisationen müssen also zukünftig die IuK-Technik integrieren. Heute bekannte Bebauungs- und Layoutstrukturen ergeben sich aus dem Bedürfnis der Nutzer gebauter Infrastruktur nach persönlichem Kontakt zu Kollegen, Kunden und Freunden sowie nach direktem Zugang zu leistungsfähiger informationsverarbeitender Infrastruktur und nach Zugriff auf Information. Bürogebäude sind in der Regel an zentralen Punkten im innerstädtischen Bereich gelegen.

Telearbeit kann – teilweise oder ganz – diese Arbeitsformen ersetzen bzw. ergänzen. Büroarbeiten lassen sich an andere Orte verlagern. Mitarbeiter können in engem elektronischen Kontakt mit der „Virtuellen Organisation“ bleiben. Diese Dezentralisierung der Arbeit fordert und fördert neue Arbeits- und Bauformen, wie z.B. kleine wohnungsnaher Bürokomplexe mit Telekommunikationsverbindungen bis in den Wohnbereich oder projektbezogene Satellitenbüros in kreativitätsfördernder Umgebung.

Sowohl das neu zu definierende Büro als auch die häusliche Umgebung werden zu wichtigen Orten, an denen sich elektronisch unterstützte Aktivitäten wieder in die physikalische Welt integrieren. Jedoch ist darauf zu achten, dass die Entwicklung und Integration der Informationsinfrastruktur nicht an den sozialen und wirtschaftlichen Zeitfragen vorbei geplant werden und damit wertvolle Bestandteile unseres gesellschaftlichen Lebens bedrohen. Es ist stets eine kritische Prüfung angebracht, ob die Entwicklungen im Sinne der Menschen vorangetrieben werden, zu einer lebenswerten Umwelt führen und elektronische Netze zu einer neuen Wissenskultur beitragen.

5.2 Physikalische Kooperationsräume

Seit Beginn der 90er Jahre des 20. Jahrhunderts wurden zahlreiche Beispiele für Konferenzumgebungen geschaffen, so:

- der kollaborative Management Raum der University of Arizona (vgl. [35]: Nunamaker),
- der CA-Team-Raum der Universität Hohenheim (vgl. [30]: Lewe u.a.),
- das Ocean-Lab der GMD-Darmstadt (vgl. [33]: Mark u.a.) oder
- das Future-Lab der Deutschen Telekom .

Zusätzlich wurden eine Reihe technischer Entwicklungen vorangetrieben, so die der „SmartBoards“ bzw. „LiveBoards“ oder die der „Flat-Screens“. Bei ersteren handelt es sich um sogenannte elektronische Schautafeln, auf die Computerbilder projiziert werden können. Zusätzlich kann auf diesen projizierten Bildern mittels der Tablettfunktion gearbeitet werden. Neben der Unterstützung der Teamarbeit am Einbauort, ist es aber auch möglich das Bild der Gegenstelle(n) auf diese Medien zu projizieren, die Mausfunktion abzugreifen und somit wirklich interaktiv mit der Gegenstelle interagieren zu können.

Dem Leser sollen nun in einer systematischen Darstellung die Abhängigkeiten zwischen Entwurfsansatz, baulicher Ausprägung, technischer Infrastruktur, Möblierung und Organisationsprinzipien im Bereich des rechnergestützten, kooperativen Arbeitens verdeutlicht werden. Dies geschieht auf drei unterschiedlichen Ebenen an Hand verschiedener Beispiele.

System-Ebene: „Intelligent Workplace ®“ am CBPD³⁵ der CMU Pittsburgh³⁶

- Zu Entwicklung, Konzeption, Ausführung und Betrieb des „Robert L. Preger Intelligent Workplace ®“, einem Versuchsbau an der CMU Pittsburgh liegen sehr umfangreiche wissenschaftliche Veröffentlichungen vor.
- Der Entwurfsansatz zur Gestaltung flexibler Büro- und Lehrräume wird kurz eingeführt, da Tragstrukturen, Fassaden und technische Systemen die Randbedingungen zur Einrichtung physikalischer Kooperationsräume maßgeblich beeinflussen.
- Gemeinsam mit dem CBPD der CMU und der KruppThyssen AG betreute der Autor Studien- und Diplomarbeiten, in denen das Entwurfskonzept des Intelligent Workplace weiter entwickelt wurde (vgl. z.B: [136: Zies]).

Funktions-Ebene - „Scene-Lab“ an der TU Braunschweig

- Es wird die Integration von IuK-Technik, Möblierung, Haustechnik und Bauhülle am Beispiel eines Lehrraumes erläutert.

Detail-Ebene – Roomware, eine Entwicklung unter Federführung der GMD-Darmstadt

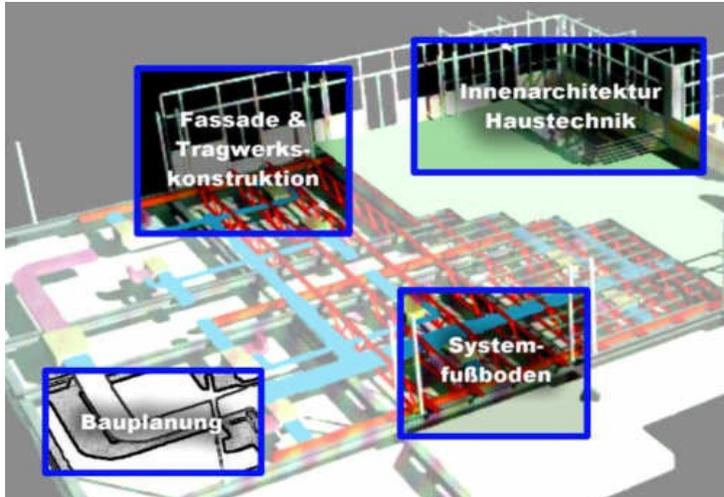
- Es wird auf die Entwicklung spezieller Ausrüstungsgegenstände für IuK-Szenarien eingegangen, wie dem Interact-Table, die nun an der ETH Zürich im Lehrbetrieb genutzt werden.

³⁵ CBPD: Center for Building Performance and Diagnostics

³⁶ CMU: Carnegie Mellon University

5.3 System-Ebene: Das „Robert L. Preger Intelligent Workplace“® Building

Der INTELLIGENT WORKPLACE – kurz IW- ist als Versuchsbau konzipiert und wird genutzt, um einerseits Bauteile und Baukomponenten sowie andererseits Raumausstattungen und Geräte der Datenverarbeitung und Telekommunikation auf ihre Funktionsfähigkeit und Leistungsfähig-



keit im Betrieb zu testen und weiterzuentwickeln. Innovativ und neu ist, dass alle Komponenten im Gesamtsystem „Bauwerk“ während der Untersuchungen integriert sind und somit ganzheitlich bewertet werden können. Der strenge modulare Aufbau des Gebäudes ermöglicht dies recht unkompliziert und kostengünstig. Die Arbeiten werden interdisziplinär, gemeinsam mit weiteren Universitätseinrichtungen und Industriepartnern, vorangetrieben.

Abbildung 50: Schema "System des IW" [nach CBPD]

Ohne auf jedes konstruktive Detail des IW im Rahmen dieser Arbeit eingehen zu können, sollen die wesentlichen Entwurfs- und Konstruktionsprinzipien in der folgenden Darstellung kurz benannt werden:

- strenge Modularität,
- *Superglazing*, Verschattungseinrichtungen und natürliche Ent- und Belüftung
- Natürliche Beleuchtung ergänzt durch indirekte Beleuchtung und aufgabenbezogene, direkte Arbeitsplatzbeleuchtung
- Medienzuführung ausschließlich durch einen bekriechbaren Systemfußboden und unter Nutzung kompakter, ergonomisch gestalteter Elektranten
- Flexibel installierbare, „wandernde“ Haustechnik
- Zentrale Regelungs- und Steuerungstechnik sowie rekonfigurierbare DV-Infrastruktur
- Individuelle Klimatisierung der Einzelarbeitsplätze

Die am CBPD entwickelten Konstruktionsprinzipien tragen nicht nur zum Entwurf einer flexibel anpassbaren Bauwerksstruktur bei. Es vereinfacht sich auch die rechnergestützte Baubestandsverwaltung sowie Um- und Erweiterungsplanungen.

Die Bewahrung einer möglichst „natürlichen“ Arbeitsumgebung kombiniert mit einer individuell, aufgabenangemessenen Gestaltung des Arbeitsumfeldes schaffen eine kreative Arbeitsatmosphäre besonders für Teamarbeit. Die Zuführung aller Medien ausschließlich über den bekriechbaren Systemfußboden, ergänzt durch das Konzept der Elektranten sowie der arbeitsplatzbezogenen Klimaregulierung, gestattet eine sehr schnelle und effiziente Neukonfiguration der Arbeitsumgebung. Die Möglichkeit des transparenten „*patching*“ des „*IW-backbones*“ komplettiert die einfachen, übersichtlichen Rekonfigurationsmöglichkeiten.

5.4 Funktions-Ebene: Das **Scene-Lab** an der TU Braunschweig

Das **Scene-Lab** (*Scene*, engl.: die Bühne, die Plattform) ist ein multifunktionaler Seminarraum für Teleteaching und Computersimulation an der TU Braunschweig. Es bietet die technische Ausstattung und die Informations- und Kommunikationstechnologien zur Durchführung verschiedenster Szenarien der Zusammenarbeit in Lehre und Forschung.

Beispielhafte Anwendungen sind:

- Vorlesungen per Videokonferenz,
- örtlich verteilte Entwurfsübungen am Rechner sowie
- Modellierung und Simulation von Problemen der Umweltströmungsmechanik, der Bauphysik und der Architekturvisualisierung.

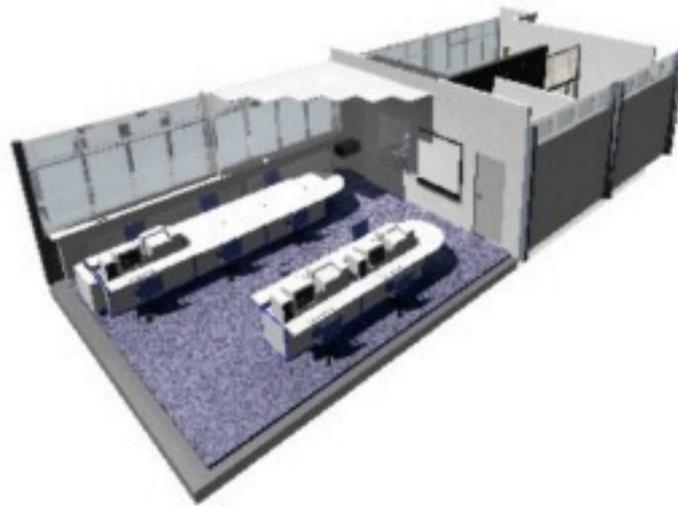


Abbildung 51: Visualisierung des **Scene-Lab**

Das Scene Lab wurde im Mai 1999 eingeweiht. Planung und Einrichtung erfolgten unter Federführung des Autors und in Zusammenarbeit mit dem Staatshochbauamt Braunschweig.

Weiterhin wurde auf Erfahrungen aus gemeinsamen Projekten mit dem CBPD der CMU zurückgegriffen. So wurden z.B. Gebäude der Bosch AG und der Commerzbank (vgl. [130]: Krüger, Karr) oder das weltweite Schulungszentrum der Daimler-Chrysler AG (vgl. [131]: Karr, Menzel) analysiert.

Während der Planung des **Scene-Lab** modellierten und simulierten vorwiegend studentische Bearbeiter zahlreiche Teilaspekte der gewünschten Raumfunktionalitäten am Computer. Zum Beispiel wurden verschiedene Beleuchtungsmodelle, Einrichtungsvarianten, die Gestaltung der Gruppenarbeitsplätze - speziell der Tische - sowie die Integration der Kommunikations- und Präsentationstechnik rechnergestützt bearbeitet. In den Jahren 1997 bis 1999 geschah dies in Zusammenarbeit mit dem CBPD der CMU und weiteren Partnern, gefördert durch das Land Niedersachsen ([132]: Abschlussbericht LIMT).

Das **Scene-Lab** ist gleichzeitig ein Beispiel für mögliche Umwidmungen im Sinne der nachhaltigen Nutzung existierender Infrastruktur, da es in einem denkmalgeschützten Bauwerk, dem sogenannten Bauingenieurhochhaus der TU Braunschweig, eingerichtet wurde.

5.5 Formalisierte Analyse und Beschreibung (K_120)

Die nun folgende Beschreibung und Analyse physikalischer Kooperationsräume am Beispiel des *Scene-Lab* wird mit den Mitteln der Sprechakttheorie, der Muster und der modularen Gliederung durchgeführt. Es soll der komplexe Zusammenhang zwischen Bauwerk, Nutzungsfunktion sowie integrierter Informations- und Kommunikationstechnik dargestellt werden.

Sprechakte

Zu Beginn werden beispielhaft Sprechakte zur abstrakten Raumbeschreibung definiert (vgl. Pkt. 2.2.4). Für das Beispiel der Beschreibung der Interaktion Fassade, Verdunkelungstechnik, Beleuchtungstechnik, Präsentationstechnik und zentrale Mediensteuerung sind Sprechakte Tabelle 18 zusammengestellt. Eine umfassendere Darstellung von Sprechakten zur funktionalen Beschreibung befindet sich im Anhang (vgl. Anhang A5 ab S. A5 - XLIII).

Die Prinzipien der Paradigmatik und Syntagmatik werden zusätzlich demonstriert (vgl. 2.2.3). Beispielsweise kann das Subjekt „Raum“ nach dem Prinzip der Paradigmatik auf verschiedenen Abstraktionsstufen durch verschiedene Bauwerkskomponenten ersetzt werden. Nach dem Prinzip der Syntagmatik dienen diese Bauwerkskomponenten der Erfüllung einer speziellen Raumnutzungsfunktion. Bauwerkskomponenten können einander bedingen, sie unterstützen sich in diesem Fall gegenseitig. D.h. Elemente können nur auf definierten Abstraktionsniveaus (System-, Funktions- oder Detailebene) und an bestimmten Positionen benutzt werden.

Tabelle 18: Formalisierte Spezifikation mit technischen Sprechakten und Soziolekt

ID	SUBJEKT	PRÄDIKAT	OBJEKT
	RAUM	<i>Erweiterung</i>	
		UNTERSTÜTZT	NUTZER
		<i>durch Funktion</i>	<i>oder Komponenten</i>
K_112	KOMPONENTEN		
K_1121	HÜLLE		
K_11212	Fassade	schützt	vor Witterung
K_112122	Verglasung	ermöglicht	Tageslicht
		schützt	vor Witterung
K_112124	Verdunkelung	unterstützt	
			Beleuchtung <i>Präsentationstech.</i>
K_1122	HAUSTECHNIK		
K_11223	Beleuchtung	ist	dimmbar
K_1124	GERÄTE		
K_11241	Präsentationstechn.		
K_112411	Beamer	ermöglicht	Präsentation
K_10243	Mediensteuer.	steuert	
			Geräte, Haustechnik

LEGENDE:

R_xx	MAKRO-EBENE	nur Sprechakte
K_xxyy	MEDIAN-EBENE	Sprechakte werden in Muster überführt
K_xxyyz...	Mikro-Ebene	Sprechakte werden in Muster und diese in Moduln überführt

R:= Root-Objekt-ID

K:= Konstruktions-Objekt-ID

(Kooperationsräume)

Muster und Moduln

Es folgt nun eine beispielhafte Darstellung von Mustern der Funktions-Ebene und der Detail-Ebene, die zur Gliederung der Beschreibung des *Scene-Lab* benutzt wurden. Eine wesentlich umfassendere Darstellung von Mustern zur Beschreibung physikalischer Kooperationsräume befindet sich wiederum im Anhang (vgl. Anhang A5 ab S. A5 - XLIII). In Tabelle 19 kursiv gedruckte Muster werden im nachfolgenden Text genauer erläutert.

Die Muster der Funktions-Ebene dienen der Charakterisierung einer Raumfunktion. Muster der Detailebene realisieren eine bestimmte Teilfunktion eines Raumes bzw. Bauwerks. Sie können durch eine sogenannte „modulare Ereiterung“ genauer definiert werden. Damit erfolgt nicht mehr nur die allgemeine Charakterisierung sondern zusätzlich die Angabe mit welchem Werkzeug oder welcher Methode ein Ziel erreicht werden soll. Der Übergang von der Musterbeschreibung zur modularen Beschreibung ist damit vollzogen.

Tabelle 19: Muster zur Beschreibung und Analyse von physikalischen Kooperationsräumen

R_10: Abstraktion	R_11: Dekomposition	R_12: Formalisierung	R_13: Synthese
K_100: NutzerSzenarien	K_110: Raumfunktion	K_120: Sprechakte Muster	K_130: Mapping
		unterstützt	<i>Möbl/Logistik/FM (K_1301)</i>
<i>Jahreszeit</i>	<i>Nutzungsfunktionen (K_1101)</i>	heizen, kühlen	
<i>Tageszeit</i>		beleuchten, lüften	
K_101: Fachbereiche Baulose	K_111: Gewerke	K_121: Bezeichnungen	K_131: Layout
<i>Ausbau / Trockenbau</i>	Maurer, Trockenbauer		Grundriss
<i>Fassade</i>	Stahlbauer, Glaser		Schnitte
<i>Verdunkelung</i>	Jalousie, Elektriker		Zeichnungen
<i>Kommunikation Präsentation Steuerung</i>	Audiotechniker		<i>Zeichnungen (K_1317)</i>
	Videokonf.-techniker		
	Präsentationstech.		Menü - schemata
	Steuerungstechnik		
K_102: Schnittstellen	K_112: Komponenten	K_122: Grafik / Formel	K_132: Integration
<i>Steuerrelais, Schalter Elektrand (K10224)</i>	Elektro - moduln, Inf.-technik - moduln <i>Beleuchtungsmoduln (K_11223)</i>	Schaltpläne	<i>Steuerungsschemata (K_1324)</i>
<i>Steuereinheit (K_10243)</i>	Steuerungsmoduln	Beleuchtungspläne	
K_103: Management	K_113: Organisation	K_123: Regeln	K_133: Prozesse
		Technische R. <i>Ergonomie (K_1231)</i>	<i>CSCW (K_1333)</i>
Funktionale Beschr.		Management R. <i>Teambildung (K_1232)</i>	<i>Präsent. (K_1334)</i>

1 Abstraktion: Definition von Nutzungs-Szenarien (K_100)

Die Ausstattung und Layout des *Scene-Lab* sollen folgenden Anforderungen gerecht werden:

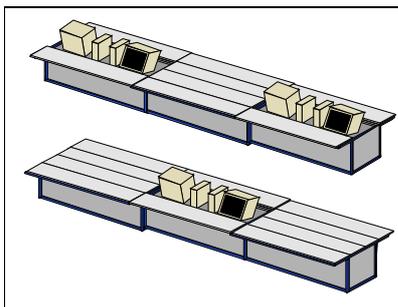
- (1) Das *Scene-Lab* soll als multifunktionaler Raum für Lehre und Forschung (Meetings, Brainstorming) nutzbar sein.
 - (1.1) Die Durchführung verschiedener Lehr-Lernszenarien ist zu ermöglichen (Frontalunterricht, aktivierende Lehre, betreute Gruppenarbeit, selbständige Gruppenarbeit)
 - (1.2) Die Ausstattung des *Scene-Lab* soll die verschiedensten Techniken des CSCW sowie Entwurfs- und Modellierungsaktivitäten aus dem Bereich des Bauwesens unterstützen (vgl. z. B. Abbildung 2).
 - (1.3) Die Nutzung modernster Informations-, Kommunikations-, Präsentations- und Interaktionstechniken soll möglich sein.
- (2) Das *Scene-Lab* soll von einer einzelnen Person in 10 Minuten neu konfigurierbar sein, einschließlich Konfiguration der technischen Ausstattung.
 - (2.1) Alle Komponenten der Haustechnik und Gerätetechnik sollten von einer einzelnen Person in Meetings bzw. in Lehrveranstaltungen schnell und einfach steuerbar sein.
- (3) Der Raum soll für internationale Kooperationen und interdisziplinäre Projektarbeit genutzt werden (auch zu Nachtzeiten und an Feiertagen und Wochenenden – Nutzungsformel: 24 h/Tag *7 Tage/Woche * 52 Wochen/Jahr).

Aus Punkt (1) wird die Definition folgender Arbeitsszenarien abgeleitet:



Das Computing-Szenario

Beim Computing-Szenario sollen alle verfügbaren Computer nutzbar sein, d.h. die maximale Rechnerkapazität im *Scene-Lab* soll ausgenutzt werden.



5.5.2 Abstraktion: Fachbereiche / Baulose (K_101)

Es sollen möglichst große Baulose vergeben werden, um die Anzahl der Schnittstellen und damit die Komplexität der Planung zu verringern. Demgegenüber soll aber die Fachkompetenz der Ausführenden einbezogen werden. Bei Planung und Bau des *Scene-Lab* wurden folgende Fachbereichsgliederung vorgenommen und entsprechende Baulose vergeben:

- (1) Kommunikations-, Präsentationstechnik und Steuerungstechnik
- (2) Elektro- und Informationstechnik (einschl. Beleuchtung, HKL³⁷)
- (3) Ausbau / Trockenbau
- (4) Verdunkelungstechnik
- (5) Fassadentechnik

5.5.3 Abstraktion: Management (K_103)

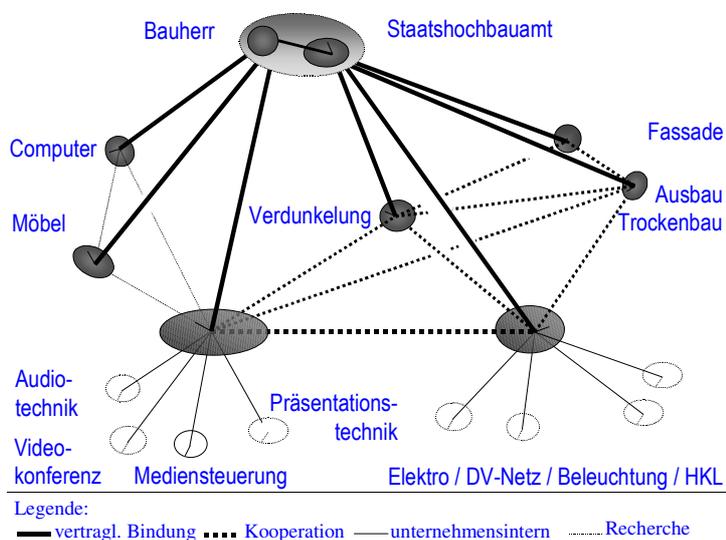


Abbildung 53: Kooperations- und Management-Formen

Die einzelnen Aufträge wurden durch den Bauherren (Universität) bzw. eine von ihm beauftragte Organisationseinheit (Staatshochbauamt) vergeben. Es bestanden also direkte vertragliche Bindungen (Sterntopologie). Dabei erfolgte die Ausschreibung der Gerätetechnik (Präsentation, Videokonferenz, Mediensteuerung usw.) als funktionale Ausschreibung. Der Auftragnehmer war somit motiviert, mit den anderen Gewerken eng zu kooperieren, d.h. Wissen und Informationen auch ohne vertragliche Bindung auszutauschen und Beratungsleistungen zu erbringen.

Planung und Ausführung der IuK-Raumfunktionen sowie der Synthese mit den allgemeinen Raum-Nutzungsfunktionen wurde zwar vertraglich nur von einem Auftragnehmer eingefordert, dieser war aber indirekt verpflichtet, die Integrationsleistung im Sinne eines „Virtuellen Unternehmens“ zu koordinieren (Netzwerk). Die Abrechnung der Leistungen des VU erfolgte transparent über die Einzelverträge.

Eine funktionale Ausschreibung erfolgte ebenfalls für die Installation der Elektro- und DV-Netzwerke einschließlich Beleuchtung, Elektranen und Anschluss weiterer Geräte. Damit wurde der Koordinationsaufwand durch eine Verringerung der Anzahl der Schnittstellen minimiert.

Bei der Möbelbeschaffung wurden zwei Vertragsmodelle genutzt, ein Einzelvertrag zur Beschaffung der Hubtische sowie ein Rahmenvertrag zur Beschaffung der Stühle.

³⁷ HKL: Heizung, Klima, Lüftung

5.5.4 Abstraktion: Schnittstellen (K_102)

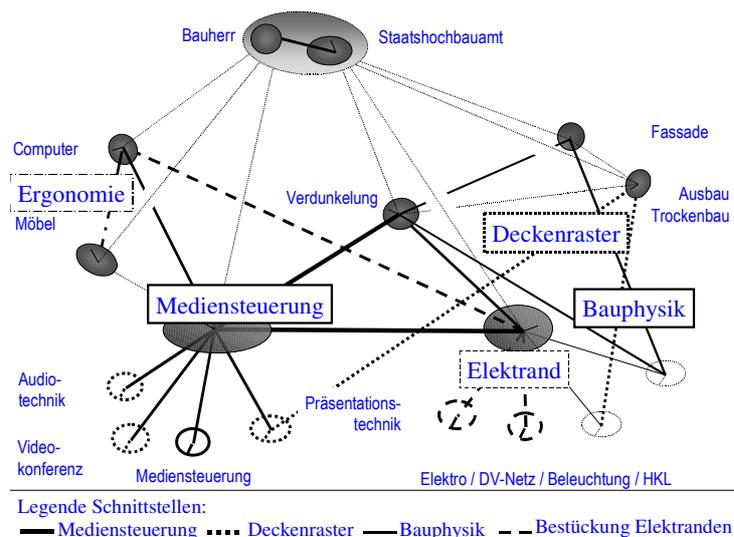


Abbildung 54: Schnittstellen

Eine Reihe von Komponenten repräsentieren die zwischen den Gewerken zu koordinierenden Schnittstellen.

Die Auswahl der Fassadenverglasung, der zu ergänzenden Wärmedämmung sowie der Verdunkelung ergeben sich aus den Anforderungen der Bauphysik. Sie beeinflussen zusätzlich die Dimensionierung der Heiz- und Kühlgeräte.

Die Verdunkelungstechnik beeinflusst weiterhin die Ergonomie der Bildschirmarbeitsplätze. Ihre Geometrie ist

auf Fensteranordnung und Deckenraster abzustimmen. Das Deckenraster ist so zu wählen, dass Präsentationsgeräte, Kameras und Beleuchtungskörper gemäß den Nutzungsanforderungen installiert werden können.

Bei der Bestückung der Elektranden sind die verschiedensten Medien zu integrieren; in der Regel sind dies Elektroanschlüsse und DV-Netzwerke. Es können zusätzliche Telefonanschlüsse, VGA- oder Videoanschlüsse, Mikrofonanschlüsse usw. ergänzt werden.

Größe und Aufstellung der Computer entscheiden über die ergonomische Gestaltung der Arbeitstische mit Hubvorrichtung.

Im Bereich Gerätetechnik ist die Mediensteuerung in die Elektroinstallation zu integrieren. Die Steuerungstechnik muss die Anforderungen mit der Verdunkelungstechnik sowie der Beleuchtungstechnik abgleichen. Dem Heizungs- und Kühlgeräteplaner sind Spezifikationen für die Steuerung vorzugeben. Eine Schnittstellendefinition zwischen Kommunikations- und Präsentationstechnik einerseits und Steuerungstechnik andererseits kann entfallen, da diese gemäß K_101 gemeinsam ausgeführt wird.

Ausgewählte Schnittstellen werden in den folgenden Ausführungen detaillierter beschrieben.

5.5.5 Dekomposition: Raumfunktionen (K_110)

5.5.5.1 Dekomposition:Raumfunktion:allgemeine Nutzungsfunktionen: (K_1101)

Das Raumklima soll ein angenehmes Arbeiten mit viel Tageslicht ermöglichen. Eine natürliche Belüftung ist anzustreben. Eine Erwärmung im Sommer, sowie ein Abkühlen bei starkem Wind und im Winter ist zu vermeiden. Die Beleuchtungsverhältnisse sollen den Bedürfnissen der verschiedenen Nutzungsszenarien anpassbar sein.

5.5.5.2 Dekomposition:Raumfunktion:spezielle Nutzungsfunktionen (K_1102)

Das Rauml layout soll ein optimales Arbeiten, einschließlich einer optimalen IuK-Nutzung, in allen o.g. Nutzungsszenarien unterstützen. Dies erfordert ein Layout, bei dem:

- die Nutzer im Raum miteinander kommunizieren können. D.h. möglichst wenig Teilnehmer sollen "Rücken-an-Rücken" sitzen und der Blickkontakt darf nicht durch Bildschirme unterbrochen sein.
- die Nutzer keine Sichtbehinderung zu den Projektionsflächen haben.
- die Nutzer möglichst große Ablageflächen verfügbar haben.
- die Bildschirmplätze ergonomisch gestaltet und angeordnet sind.

5.5.6 Dekomposition : Gewerke: Elektro- und Beleuchtungstechnik (Muster K_1112)

Am Beispiel des Bauloses Elektro / EDV / HLK sollen nun Aspekte des Entwerfens und der Koordination mit anderen Fachbereichen dargestellt werden. Wie oben erwähnt, handelte es sich bei diesem Fachbereich um eine funktional zu erbringende Leistung, einschließlich der zu erbringenden Koordinationsleistung.

Der Raum wurde mit einer Unterflurverkabelung ausgestattet. Dies ermöglicht die Zuführung von Strom und diverser Netzwerkanschlüsse über sogenannte Elektranden, d.h. ohne störende Verlängerungskabel oder zusätzlich auf Putz installierte Kabelkanäle. Zusätzlich waren im Bereich der abgehangenen Decke Präsentationsgeräte mit 220V-Spannung zu versorgen.

5.5.6.1 Abstraktion: Schnittstellen: Bestückung der Elektranden (K_10224)



Abbildung 55: Ansicht Elektrand

Die in das modulare System zu integrierende, standardisierte Komponente „Elektrand“ stellt eine komplizierte Schnittstelle zwischen drei Gewerken dar:

Das Gewerk Elektro hat verschieden abgesicherte ELT - Zuführungen für Hubtische und Computeranschlüsse zu erstellen. Die Anschlüsse für das Computernetzwerk und evtl. ISDN sind zusätzlich anzuschließen. Die Zahl der Anschlüsse und der geplanten „Überkapazität“ bestimmt die Dimensionierung des Elektranden selbst bzw. die Dimensionierung der anzulegenden Kabelkanäle

Der Aufbau der Tragschicht der Deckenkonstruktion darf durch den Einbau der Elektranden nicht beeinträchtigt werden. Auf Grund der mangelhaften Bestandsdokumentation konnte erst bei Beginn der Arbeiten vor Ort die zulässige Einbauhöhe für Elektranden ermittelt werden. Deshalb war in enger Abstimmung mit dem Anbieter der Präsentations- und Videokonferenztechnik kurzfristig eine geeignete Komponente (sehr flacher Elektrand) auszuwählen.

Der Abstimmungsprozess erfolgte informell durch den dokumentierten Austausch von Argumenten und Gegenargumenten zu Positionen (vgl. dazu Abschnitt 3.6.1 und Abbildung 24).

5.5.6.2 Synthese: Integration: CAD-Projekt (K_1322)

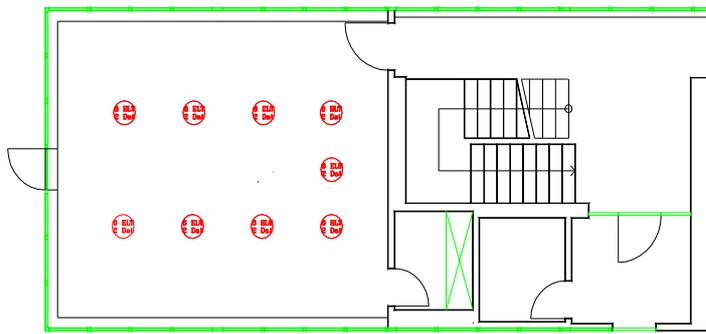


Abbildung 56: Lage der Elektranden

Die Lage der Elektranden ist so zu wählen, dass für die in der Möblierung integrierte Computertechnik der Medienzugang gewährt ist, freie Elektranden vorhanden sind, an die Geräte von Gastvortragenden bzw. temporär aufzustellende Geräte angeschlossen werden können. Ein Vergleich von Abbildung 56 und Abbildung 70 ergibt, dass die Einbauposition der Elektranden unter den Tischen liegt.

5.5.6.3 Dekomposition: Komponente: indirekte Beleuchtung (K_11223)

Da es sich beim *Scene-Lab* um einen multifunktionalen Raum handelt, müssen verschiedene Beleuchtungsszenarien entwickelt werden. Allgemein gilt, dass Tageslichtnutzung der Kunstlichtnutzung vorzuziehen ist. Bei Computernutzung ist eine indirekte Beleuchtung vorteilhaft; Blendwirkungen und Spiegelungen werden so vermieden. Im *Scene-Lab* wurde aus Kostengründen keine indirekte Beleuchtung installiert. Es sind jedoch reflektierende Deckenelemente eingebaut, um zu einem späteren Zeitpunkt bzw. als temporäre Variante eine indirekte Beleuchtung installieren zu können.

5.5.6.4 Dekomposition: Komponente: direkte Beleuchtung (K_11223)

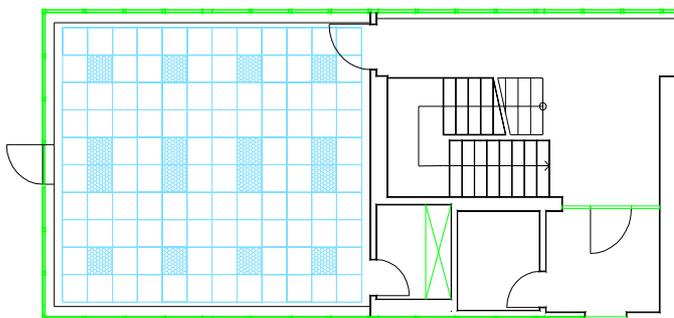


Abbildung 57: Lage der Beleuchtungskörper

Die eingebauten Beleuchtungskörper sind mit einem Blendschutz ausgestattet. Ihre Einbauposition muss dem Deckenraster folgen. Aus einem Vergleich von Abbildung 57 und Abbildung 70 geht hervor, dass die Einbauposition einmal direkt über den Arbeitstischen und zum anderen über dem Gang gewählt wurde.

5.5.6.5 Synthese. Integration: Steuerung der Beleuchtung (K_1324)

Die Deckenbeleuchtung ist stufenlos dimmbar. Sechs Beleuchtungsstärken sind einstellbar. Die jeweils aktuell eingestellte Beleuchtungsstärke ist über die zentrale Mediensteuerung aktivierbar bzw. deaktivierbar. Dieses Relais zur Aktivierung der Beleuchtung dient als „Hauptschalter“ für die Beleuchtung und bildet die Schnittstelle zwischen dem Gewerk Elektrotechnik / Beleuchtung (Schaltung der 220 V Spannung) und Mediensteuerung / Präsentationstechnik (Steuerrelais mit Schwachstrom)

5.5.6.6 Synthese: Integration Beleuchtung - Fassade: Simulationen (K_1323)

Die Wirkung der natürlichen Beleuchtung wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Gebäude und Solartechnik der TU Braunschweig und unter Nutzung der Software „Radiance“ simuliert. Im Rahmen der Arbeit sollen nicht die physikalischen Modelle zur Beleuchtungssimulation erläutert werden, sondern die Aspekte der Systemintegration.



Abbildung 58: Beleuchtungssimulation: ISO-Linien



Abbildung 59: Visualisierung mit Filterfunktion

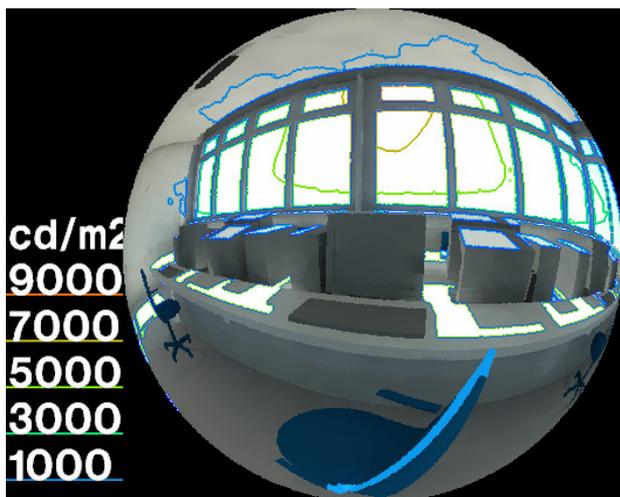


Abbildung 60: Auswertung des Sehbereichs

Die Verglasung des *Scene-Lab* an drei Gebäudeseiten führt zu einer optimalen Tageslichtnutzung. In Kombination mit der Verdunkelungsanlage und der stufenlos dimmbaren Beleuchtung ist es möglich, spezifische Beleuchtungsverhältnisse entsprechend den Nutzungsszenarien zu schaffen.

Der Simulation in Abbildung 58 sind die Nachteile der Verglasung der Südost-, Südwest- und Nordwest-Seite des *Scene-Lab* zu entnehmen. Sie stellt die Beleuchtungsverhältnisse an einem unbewölkten Sommertag zur Mittagszeit dar. Der Raum ist für Präsentationen und für Computerarbeit zu hell. Mit den eingestellten Filterfunktionen eines Visualisierungsprogramms kann die gewünschte Situation dargestellt werden, die jedoch nicht den tatsächlichen Beleuchtungsverhältnissen entspricht (vgl. Abbildung 59).

Die Beleuchtungsverhältnisse an den Bildschirmarbeitsplätzen wurden unter Nutzung der sogenannten Fischaugenoptik evaluiert. Abbildung 60 zeigt ein ausgewähltes Simulationsergebnis für den extremen Fall Sommer, 12 Uhr, klarer Himmel. Auch hier ist ersichtlich, dass der Computerbildschirm einer großen Blendwirkung ausgesetzt ist. Die Nutzung der Verdunkelungsanlage kann hier Abhilfe schaffen.

5.5.7 Formalisierung: Grafik/Formel: Prinzipdarstellung Bauphysik (K_1221)

Die exponierte Lage des *Scene-Lab* im 17. Obergeschoss (Dachgeschoss) und die dreiseitige Verglasung gestattete eine nahezu optimale Nutzung der passiven Energiegewinne. Andererseits führt dies im Sommer (kombiniert mit der Abwärme der Computer) zu hoher Raumerwärmung. Der Einbau einer externen Verschattungsanlage war infolge der zu erwartenden hohen Windgeschwindigkeiten nicht sinnvoll.

Abbildung 61 stellt die vier wesentlichen bauphysikalischen Szenarien dar. Passive Solarenergie-

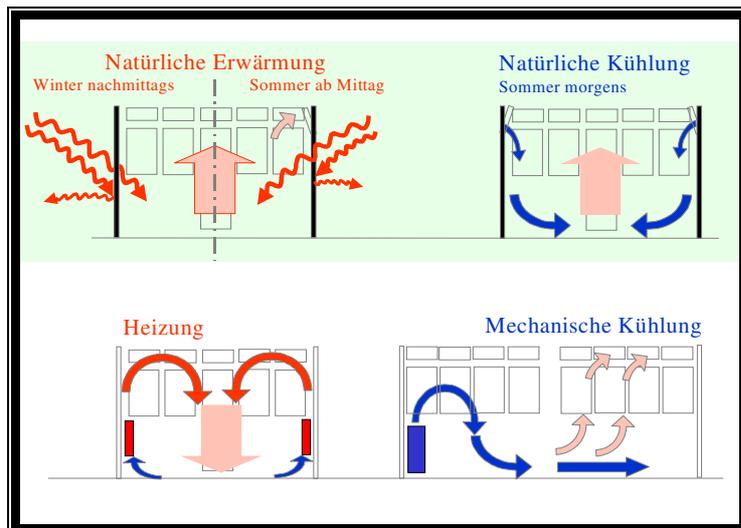


Abbildung 61: Schemen Kühlung, Lüftung, Heizung

gewinne sind in der Winterperiode von Nutzen. Während der Sommerperiode kann die aufgestaute Wärme in begrenztem Umfang durch die zu öffnenden Oberlichter abgeführt werden. In diesem Fall ist keine Zwangslüftung nötig. Im Sommer kann in den Nacht- und Morgenstunden eine natürliche Kühlung des Raumes erfolgen. Die beiden unteren Schemata illustrieren den Fall der Heizung und der mechanischen Kühlung.

Der Einbau einer Wärmeschutz-Isolierverglasung war für die Nutzung in der Sommerperiode nötig. Neben dem sehr guten Wärmeschutz im Winter ermöglicht es die Isolierfunktion bei maximalem Durchlass von ungefärbten Tageslicht den Effekt des „Aufheizens“ des Raumes gering zu halten. In der Winterperiode werden ausreichend passive Solarenergiegewinne erzielt. Benachbarte Gebäudeabschnitte sowie das *Scene-Lab* selbst verfügen nur über geringe thermische Massen. Deren Wirkung kann vernachlässigt werden.

5.5.7.1 Dekomposition: Komponenten: Heiz- und Kühlgeräte (K_11221 / K_11222)

Das Heizungs- und Lüftungssystem war so zu konzipieren, dass das Abfangen von Heiz- und Kühlsitzen ökonomisch und ökologisch sinnvoll möglich ist. Ein Kühlaggregat hilft im Sommer extreme Wärmelasten abzufangen.

Im Winter wird die Heizgrundlast durch eine Warmwasserheizung geliefert. Diese wurde nachträglich in den Gebäudekreislauf eingebunden. Die Steuerung der Vorlauftemperaturen korrespondiert mit den Hauptnutzungszeiten des Gebäudes (d.h. Drosselung der Vorlauftemperatur außerhalb dieser Zeiten).

Die Heizung in den Nachtstunden und Spitzenbelastungen an sehr kalten Tagen werden durch elektrisch betriebene, digital steuerbare Ölradiatoren übernommen. Damit kann der Raum entsprechend den Anforderungen der Computertechnik abweichend von den restlichen 16 Etagen separat geheizt werden, ohne einen zusätzlichen Heizungsstrang von der Heizzentrale im Keller in das Dachgeschoss installieren zu müssen oder einen gesamten Gebäudeabschnitt mit höheren Vorlauftemperaturen betreiben zu müssen.

5.5.8 Formalisierung: Technische Regeln : Möblierung (K_1231)

Die Gestaltung der Möblierung hat zahlreichen Regeln zu folgen. In erster Linie geht es um die Gewährleistung der Arbeitsplatzergonomie. Die Multifunktionalität des Raumes führt auch auf diesem Gebiet zur Notwendigkeit der differenzierten Betrachtung. Die Richtlinie zur Gestaltung von Computerarbeitsplätzen kann im Fall des *Scene-Lab* nur bedingt zur Anwendung gebracht werden, da es sich weder um kontinuierlich genutzte Computerarbeitsplätze noch um ständig verfügbare Computerarbeitsplätze handelt.

Die Arbeitstische sind für die verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten des Raumes speziell gefertigt und nach ergonomischen Gesichtspunkten konstruiert worden. Die Computer und Monitore lassen sich im 75cm breiten Mittelteil der Tische versenken. Die 35 cm tiefen seitlichen Arbeitsflächen haben ausreichend Platz für die Ablage von Tastatur und Maus im Computing - Szenario. Werden die Monitore abgesenkt und der Mittelteil geschlossen, so entsteht eine Arbeitsfläche von 145 cm * 180 cm im Conferencing bzw. im E&D-Szenario.

Der Abstand zum leicht abgesenkten Monitor sowie die Sitzhaltung ermöglichen ein bequemes Arbeiten. Die Beinfreiheit unter dem Tisch ist ausreichend. Die Tischbreite von 180 cm gestattet die Anordnung zweier nebeneinanderliegender studentischer Arbeitsplätze.

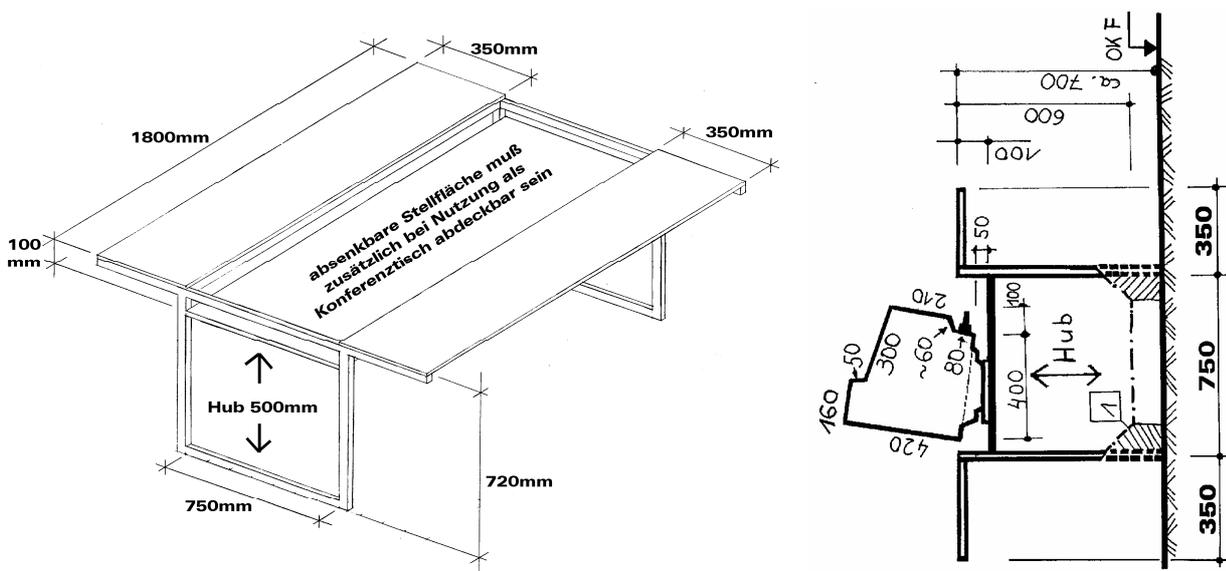


Abbildung 62: Arbeitstische: Isometrie und Querschnitt, Bildschirm absenkbar

5.5.8.1 Synthese: Integration: Simulation Möblierung (K_1323)

Die Aspekte der Arbeitsplatzergonomie wurden in Zusammenarbeit mit der Professur für Arbeitswissenschaften der TU Braunschweig und Nutzung der Software „Anthropos 5“ simuliert. Folgende Analysen wurden durchgeführt:

- Erreichbarkeitsprüfungen:
Aus der aktuellen Position wird die Erreichbarkeit verschiedener Punkte ermittelt.
- Haltungsanalysen:
Animierte Körperhaltungen und Bewegungen werden bewertet.
- Sehfunktion: Der Sehbereich der Umgebung wird untersucht.
- Bewegungsstudien (einfache, komplexe, manuelle, automatisierte)

Erreichbarkeitsprüfungen und Haltungsanalysen dienen dazu, die Interaktion der Möblierungskomponenten Tisch, Stuhl zu überprüfen. Im Falle des *Scene-Lab* können durch den Einsatz der mehrfach verstellbaren Drehstühle (Sitzhöhe, Stellung der Armlehnen, Stellung der Sitzlehne usw.) die Anforderungen an einen ergonomischen Arbeitsplatz erfüllt werden. Die Sehfunktion wurde im Zusammenhang mit der Beleuchtungssimulation überprüft (vgl. Pkt. 5.5.6.4).

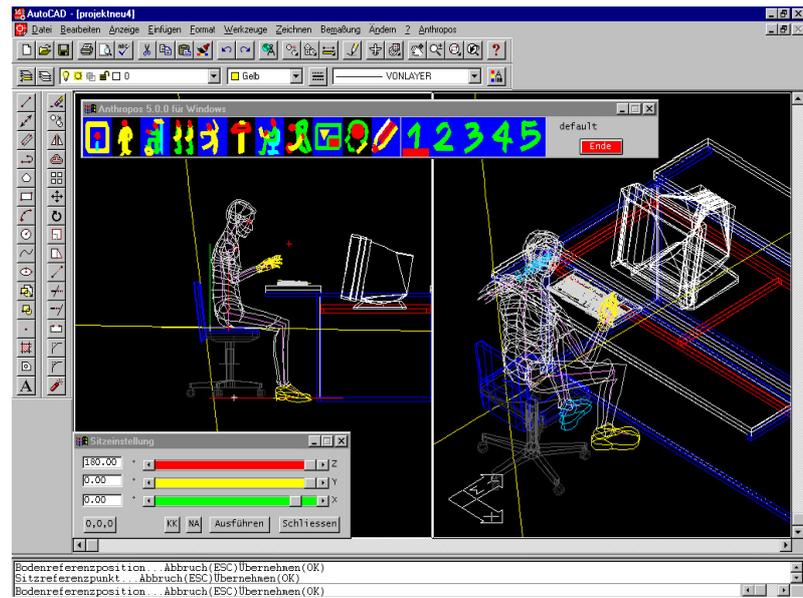


Abbildung 63: Bildschirmoberfläche „Anthropos 5“

Die Anordnung der Bildschirme mit direkter Blickrichtung zum Fenster ist ergonomisch ungünstig. In Kombination mit der Verdunkelungseinrichtung können bei längerem Arbeiten diese Effekte ausgeglichen werden. Kurze Übungen, unterbrochen durch Lehrvorträge sind realisierbar.

5.5.8.2 *Synthese: Mapping: Möblierung, Logistik und Facility Management (K_1301)*

Bei der Konstruktion der Tische waren als Nebenbedingung zusätzlich die begrenzten Möglichkeiten der Anlieferung bzw. des Abtransports mittels Fahrstuhl in die 16. Etage und der manuelle Transport ins Dachgeschoss zu beachten. Die seitlichen Arbeitsplatten sind in den Grundmodul des Tisches einsteckbar. Die in diesen Elementen integrierte Steuerungstechnik für die Hubvorrichtung ist durch Steckverbindungen einfach mit dem Grundmodul zu verbinden.

Als Steuerungsmechanismen sind einmal Tastschalter an der Stirnseite der Tischplatten und andererseits Magnetschalter in Scharniernähe eingebaut. Die Magnetschalter verhindern ein unbeabsichtigtes Heben des Mittelteils bei geschlossenen mittleren Arbeitsplatten. Damit wird die in die Tische integrierte Computertechnik geschützt.

Die Arbeitstische mit Hubvorrichtung liefern zweifellos einen Beitrag zur flexiblen Nutzungsmöglichkeit und schnellen Adaptierbarkeit. Sie stellen jedoch eine rein mechanische Lösung dar.

Eine neue Generation von integrierten Komponenten im Grenzbereich IuK- und Möblierungskomponenten wird in der Detail-Ebene mit dem Titel „*Roomware*“ umfassender beschrieben (vgl. Abschnitt 5.6). Hier handelt es sich um eine erste Generation von „*ambient technology*“. Die Komponenten können sich selbst konfigurieren und auf ihre Umgebung reagieren. Demzufolge vereinfacht sich auch das Facility Management, da über die eingebauten IuK - Komponenten auch der Standort der „*Roomware*“ in einem Gebäude jederzeit zu ermitteln ist.

5.5.9 Synthese: Prozesse: CSCW- und Präsentationstechnik (K_1333 und K_1334)

Die Präsentationstechnik ist so konfiguriert, dass sie die verschiedenen Konferenz- und Lehrszenarios unterstützen kann. Es sollten möglichst viele Synergieeffekte erzielt werden. Durch Schnittstellen werden die einzelnen Komponenten bestmöglich integriert.

5.5.9.1 Dekomposition: Komponenten: Lokale Präsentationstechnik: (K_1124)

Videosignale:

Als Eingangsquellen stehen ein Videorecorder sowie eine Dokumentenkamera zur Verfügung. Als Ausgabemedien können sowohl der Beamer als auch der Fernseher der Videokonferenzanlage genutzt werden. Abbildung 64 oben links zeigt ein mögliches Szenario. Mit der Dokumentenkamera lassen sich Folien und Modelle über den Beamer für das gesamte Team an der Projektionsfläche darstellen.

Obwohl die Kombination Dokumentenkamera / Beamer einen Overheadprojektor ersetzt, können sowohl Overheadprojektor als auch Diaprojektor mit einer zweiten Projektionsfläche (Leinwand) kombiniert werden.

VGA - Signale (Computer-Präsentation):

Selbstverständlich können auch Computerpräsentationen über den Beamer dargestellt werden.

Interaktives Arbeiten:

Bei Computerpräsentationen besteht zusätzlich die Möglichkeit zum interaktiven Arbeiten mit der gesamten Gruppe. Dabei wird das Smartboard nicht nur als Projektionsfläche, sondern in Funktion eines „grafischen Tablett“ benutzt. Das mit dem Beamer aufprojizierte Bild bildet dann das dynamische Tablettmenü und beinhaltet die grafisch interaktiven Flächen.

5.5.9.2 Dekomposition: Komponenten: CSCW-Komponenten: (K_1124)

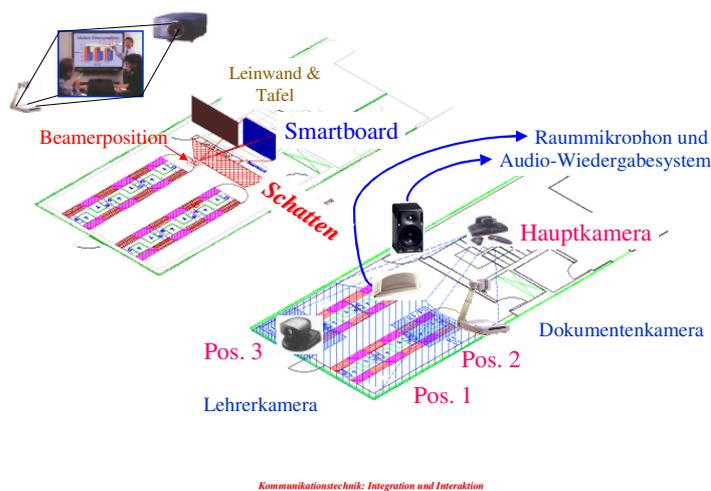
Die oben beschriebene technische Konfiguration für lokale Arbeitsmodi ist nun so zu erweitern, dass Arbeitsgruppen von anderen Orten einbezogen werden können. Es muss also möglich sein, die o.g. Arbeitsszenarien nach außen übertragen zu können bzw. sich in Arbeitsszenarien bei „remote“-Partnern einzubringen.

Für den Endanwender im Bereich des Bauwesens stehen die verbindungsorientierten Dienste (z.B. ISDN) oder die verbindungslosen Dienste (z. B. Internet) zur Verfügung. Kommunikationstechnologien, insbesondere die Dienstklassifikation wurden unter den Pkten. 2.4 und 2.4.1.1 eingeführt. Anwendungsdienste zum synchronen Arbeiten (z.B. Videokonferenzen und application sharing) wurden unter Pkt. 2.4.3 erläutert. Im folgenden soll nun auf die Ausstattungsmodule – also die im Raum installierten Endgeräte – eingegangen werden.

Herzstück der Kommunikationstechnik ist ein Videokonferenz-Raumsystem, dessen wesentliche Komponenten in Abbildung 64 dargestellt sind und das beide Übertragungsdienste (ISDN und Internet) unterstützt. Zum System gehören drei Kameras, die Hauptkamera, die Raumkamera und die Dokumentenkamera.

Die Hauptkamera erfasst die Sitzungsteilnehmer im Raum und verfügt über drei speicherbare Kamerapositionen. Die Raumkamera ist gegenüber der Hauptkamera angeordnet und erfasst den Vortragenden. Sie verfügt über sechs speicherbare Positionen. Die insgesamt neun speicherbaren Positionen gestatten es dem Sitzungsleiter, bzw. der Gegenstelle, den Raum aus verschiedenen Perspektiven darstellen bzw. betrachten zu können. Dies dient einerseits der einfachen Bedienbarkeit und kann in die zentrale Mediensteuerung integriert werden. Andererseits kann die remote - Kamerabedienung dazu dienen, um die „Awareness“ bei den Gegenstellen zu erhöhen.

Die Funktion der Dokumentenkamera wurde bereits erläutert. Durch die Einbindung in das Videokonferenzsystem kann sie nunmehr in lokalen und verteilten Arbeitsszenarien genutzt



werden. Die Ausstattung der Videokonferenzanlage wird komplettiert durch eine Beschallungsanlage bestehend aus einem Verstärker, aus Lautsprechern und einem Raummikrofon. Der Verstärker kann über die zentrale Mediensteuerung fernbedient werden. Das Raummikrofon bietet die Möglichkeit, alle Gesprächsteilnehmer in die Diskussion einzubeziehen, ohne Einzelmikrophone und ein Mischpult installieren zu müssen. Dies kommt der geforderten einfachen Bedienbarkeit entgegen.

Abbildung 64 IuK – Integration in den Raum (K_1317)

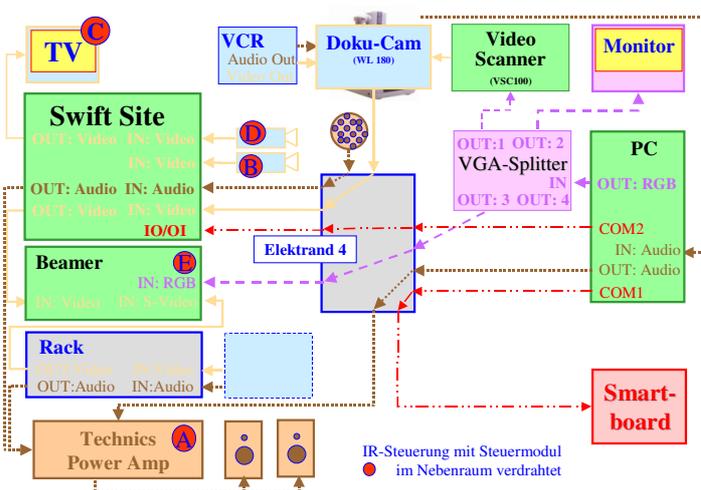


Abbildung 65 Schaltungstechnische IuK – Integration (K_1225)

Diese Integration wird benötigt, wenn beispielsweise vertonte Computeranimationen übertragen werden sollen.

Es sollen noch kurz einige technische Integrationslösungen erwähnt werden. Der Einsatz des VGA-Splitters ermöglicht die Verteilung des PC-Videosignals an mehrere Empfänger. In Kombination mit dem Video-Scanner erfolgt die Wandlung des VGA-Signals in ein Videosignal. Damit kann das PC-Bild auch in Videokonferenzen eingebunden werden. Ebenso kann der Audio-Ausgang des PC über den Verstärker an den Verstärker bzw. als zusätzlich Eingangsquelle an die Videokonferenzanlage angeschlossen werden.

5.5.10 Abstraktion: Schnittstellen: Mediensteuerung (K_1024)

Alle Geräte der Medientechnik und die wesentlichen Komponenten der Haustechnik wie Beleuchtung, Verdunkelung und Kühlaggregate können zentral über die Mediensteuerung bedient werden. Die Mediensteuerung besteht aus zwei Hauptteilen: dem Steuerteil und der kabellosen Bedieneinheit - einem Touchpanel das per Funk mit dem Steuerteil verbunden ist. Damit kann der Lehrende bzw. Leiter einer Konferenz von einem beliebigen Standort im Raum aus alle Geräte bedienen.

IR-Fernsteuerung(en)

und

einzelne Bedienelemente

Zentrale Steuereinheit

kabellose Bedieneinheit
(Touchpanel)

Beispiele für
zu steuernde Endgeräte

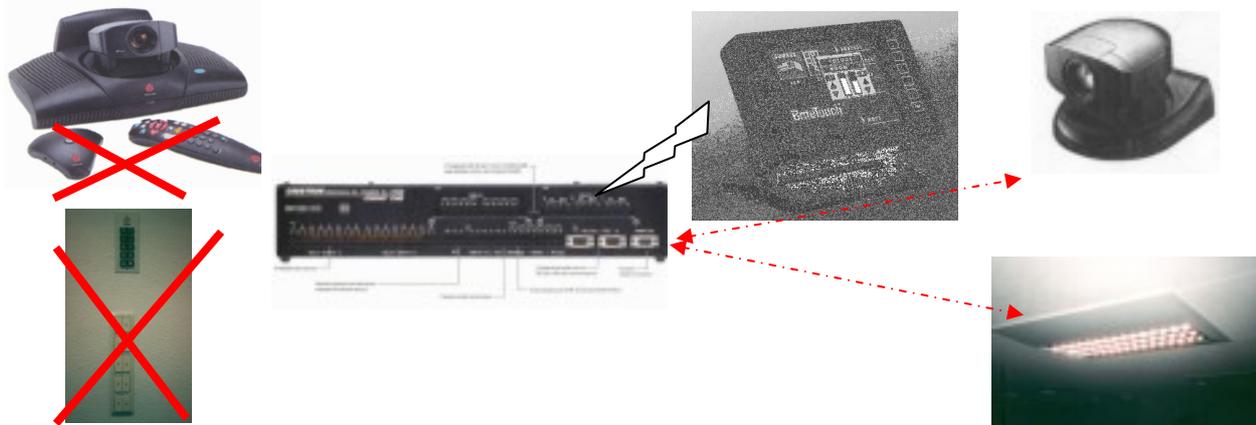


Abbildung 66: Die zentrale Mediensteuerung ersetzt einzelne Bedienelemente

5.5.10.1 Abstraktion: Schnittstellen: Steuereinheit (K_10243)

Die zentrale Steuereinheit ist die physikalische Repräsentation der komplexen Schnittstelle zwischen:

- Moduln der Haus- und Elektrotechnik (mit 220 V betrieben, über Niederspannung gesteuert),
- Moduln der Präsentationstechnik (mit 220 V betrieben, über Niederspannung gesteuert, zur Verarbeitung bzw. Auswertung verschiedenster Signale herangezogen) sowie
- den Nutzungs- und den Bewirtschaftungsfunktionen des *Scene-Lab* (Konferenzen, Lehre, Entwerfen, Berechnen sowie Heizen, Kühlen, Beleuchten)

Sie ermöglicht die Ansteuerung von IR³⁸-Sendern, Niederspannungs-Schaltrelais und Computertechnik über RS 232-Schnittstelle.

5.5.10.2 Abstraktion: Schnittstellen: Touchpanel (K_102432)

Das Touchpanel bildet die Schnittstelle zwischen Nutzungsfunktionen und Steuerungsfunktionen. Die Steuerungsfunktionen bilden einerseits die Struktur der Nutzungsfunktionen ab. Andererseits ermöglicht die Verfügbarkeit von bestimmten Steuerungsfunktionen die Initiierung adäquater Nutzungsfunktionen.

³⁸ IR: Infrarot

5.5.11 Synthese : Layout: Möblierungsschemata (K_1316)

Bei der Layoutgestaltung ist die Synthese der Raumfunktionen, der Gewerke, der Moduln, der Organisationsformen sowie der Schnittstellen nach einem ganzheitlichen Ansatz vorzunehmen. Da viele Teilaspekte bereits erläutert wurden, soll sich in diesem Abschnitt auf die Erläuterung bisher noch unbeachtet gebliebener Aspekte konzentriert werden. Abbildung 67 zeigt erste Ent-

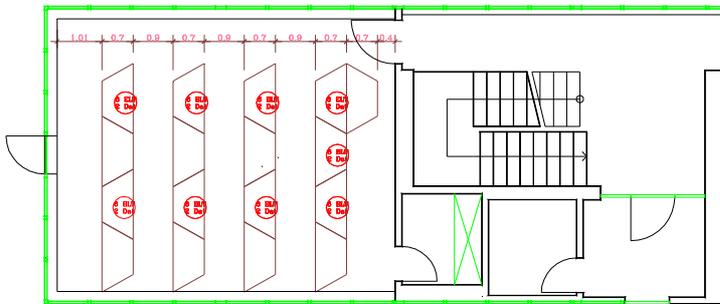


Abbildung 67: Möblierungsvariante (1): „Klassenraum“

würfe. Im traditionellen Klassenraumszenario (links) werden zwar die im Raum angeordneten Elektranten zur Medienzuführung genutzt. In der vorgegebenen Raumgeometrie kann die geforderte Anzahl von Arbeitsplätzen nur bei Verwendung sehr schmaler Tische realisiert werden. Die Zielfunktion „große Arbeitsflächen“ wird nicht erreicht. Zusätzlich erfolgt eine Sichtbehinderung.

Die Nutzung von trapezförmigen Tischen gestattet zwar die flexible Anordnung der Tische, jedoch wären in diesem Fall auch die darauf platzierten PCs neu zu installieren. Diese Arbeit ist sehr zeitaufwendig und erfordert in der Regel mehrere Mitarbeiter. Die schnelle Umrüstung vom Klassenraumszenario zur Variante der „Konstruktionsinseln“ in einer zwanzigminütigen Pause zwischen zwei Vorlesungen ist nur schwer realisierbar. Die „U-Form“ - oder auch Kathedrale

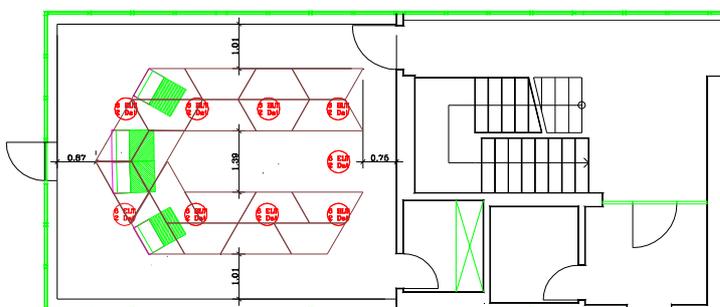


Abbildung 68: Möblierungsvariante (2): „Kathedrale“

(Abbildung 68) - hat neben dem technischen Mangel, dass nicht alle Elektranten nutzbar sind, auch den Nachteil, dass es vom soziologischen Aspekt bevorzugte und benachteiligte Sitzpositionen gibt. Borghoff und Schlichter ([8]: S. 399 f) erwähnen Studien von Mantei, die zeigen, dass Sitzpositionen am Kopfende bevorzugt werden.

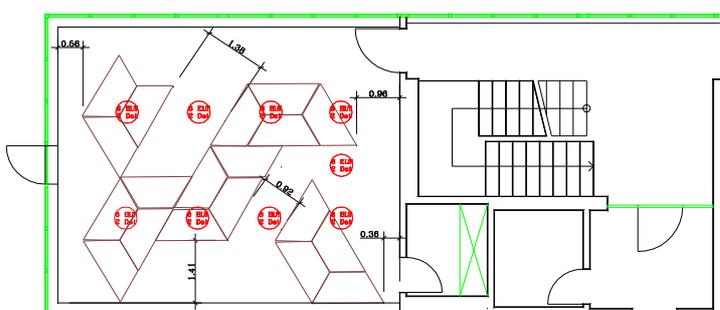


Abbildung 69: Möblierungsvarianten (3): Arbeitsinseln

Eine Anordnung von sogenannten Arbeitsinseln oder Teamzonen (vgl. Abbildung 69) würde zwar die Szenarien der Gruppenarbeit sehr gut unterstützen. Im Conferencing - Szenario gibt es aber Sitzpositionen mit dem Rücken zur Projektionsfläche. Außerdem unterschreiten die Gangbreiten die erforderlichen Maße.

Gewählt wurde schlussendlich die Ausstattungsvariante „Orthogonales Double“ (vgl. Abbildung 70), bei der die Teilnehmer in vier Sitzreihen an jeweils zwei Konferenztischen, bestehend aus jeweils drei Modulen, sitzen. Die Entscheidung für eine Spezialmöblierung ermöglicht die schnelle Umkonfiguration zwischen den drei Nutzungsszenarien ohne Veränderung des Möblierungsschemas.

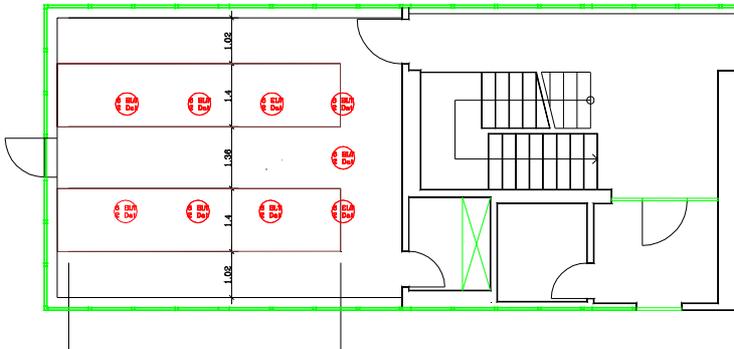


Abbildung 70: Möblierungsvariante (4): „Orthogonales Double“

5.5.12 Zusammenfassung

Die Zusammenstellung der Bilder und Computeranimation des *Scene-Lab* soll noch einmal verdeutlichen, dass sich die Grenzen zwischen gebauter Infrastruktur, den Organisations- und Kooperationsformen sowie dem Wissensmanagement auflösen. Im linken oberen Foto (1) erkennt man sehr gut die Arbeitssituation am Computer mit benutzter Verdunkelung auf der Südostseite des *Scene-Lab*. Die Monitore der Computer sind leicht abgesenkt, die Kommunikation der Teammitglieder wird nicht behindert.



Die Computeranimation in Bildmitte (2) stellt die verschiedenen Möblierungsvarianten dar. Simulationen helfen, vor der Bauausführung einen realitätsnahen Eindruck der Raumsituation zu bekommen. In diesem Fall war die Beleuchtungssimulation besonders wichtig, da bei Videokonferenz-Unterstützung, bei Nutzung von Computern und in Meeting-Situationen jeweils andere Anforderungen an die Beleuchtung gestellt werden.

Abbildung 71: Raumfunktionen

Der Bildausschnitt rechts oben (3) veranschaulicht die Integration der IuK-Technik in den Raum sowie die Möglichkeit der schnellen Änderung der Blickrichtung zwischen Computer (individuelle Arbeit) und Smartboard (Gruppenarbeit).

5.6 Detail-Ebene: Neue Möbel - Roomware

Der Begriff der Roomware wurde am Fraunhofer Institut für Integrierte Publikations- und Informationssysteme (IPSI) geprägt. Er steht für die Integration von Informations- und Kommunikationstechnik in Raumelemente wie Wände, Tische oder Stühle. Leitbild für die Entwicklungsarbeiten am IPSI ist, dass die gebaute und gestaltete Umwelt zum Interface, zur Schnittstelle für die Interaktion mit Informationen und für die Kooperation zwischen Menschen wird. Der Computer tritt als Gerät in den Hintergrund, obwohl seine Funktionalität überall zugänglich und verfügbar bleibt, d.h. IuK- Technik wird integraler Bestandteil der gebauten Umwelt. Dieser Ansatz geht weit über die bisher gekannten Vorstellungen zum Einsatz von IuK- Technik im Arbeits- und Heimbereich hinaus.

Eine erste Generation der Roomware-Komponenten wurde im Forschungsbereich „AMBIENTE -Arbeitswelten der Zukunft“ im Rahmen des Projektes i-LAND zwischen 1997/1998 realisiert. Das Forschungs- und Entwicklungskonsortium „Future Office Dynamics“ (FOD) unter Federführung des GMD-IPSI, des Büromöbelherstellers Wilkhahn und des Designbüros WIEGE entwickelte ab 1999 die zweite Generation von Roomware-Komponenten. Diese werden im folgenden Text kurz dargestellt.

CommChair®

In Konferenz- und Besprechungsräumen ermöglicht der CommChair sowohl eine konzentrierte Einzelarbeit als auch die interaktive Zusammenarbeit. Ein TFT-Display mit drucksensitiver Oberfläche ist an einem schwenkbarem Arm angebracht. Die Computertechnik ist in einem transluzenten Gehäuse an der Seite eines Bürodrehstuhls integriert. Die Netzwerkanbindung des CommChair erfolgt drahtlos, die Stromversorgung über integrierte Nickel-Metall-Hydrid Akkumulatoren.



Abbildung 72: CommChair

ConnecTable®

Der ConnecTable unterstützt Szenarien der Einzel- und der Teamarbeit. Integrierte Sensoren ermitteln den Abstand der ConnecTables untereinander. Ab einem bestimmten Abstand werden die Displays softwareseitig so zusammengeschaltet, dass mehrere ConnecTables einen gemeinsamen kooperativen Arbeitsbereich bilden. Die höhenverstellbare Säule ermöglicht ein schnelles Anpassen an verschiedene Arbeitssituationen (stehen, sitzen). Netzwerkanbindung und Stromversorgung erfolgen drahtlos bzw. batteriegestützt. Passive Kühlung, RAM-Disk, keine drehenden und induktiven Stromverbraucher sichern einen geräuschlosen Betrieb.



Abbildung 73: ConnecTable

InteracTable ®

Der InteracTable dient als informelles Kommunikationszentrum in kooperativen Arbeitsumgebungen. Er ist als Stehtisch ausgeführt. Ein flacher, interaktiver Plasma-Bildschirm (PDP), der in die Tischfläche eingelassen ist bildet den Arbeitsbereich. Informationsobjekte können gesten- oder stiftbasiert erstellt, annotiert, verschoben, gedreht und geworfen werden. Der umlaufende Rand dient als Ablagefläche.



Abbildung 74: InteracTable

DynaWall ®

Strenggenommen besteht die DynaWall aus zusammengesetzten, berührungsempfindlichen Darstellungsflächen, die softwareseitig zu einer gemeinsamen Arbeitsfläche von 4,50 m Breite und 1,10 m Höhe zusammengeschaltet werden können. Somit wird einerseits die Visualisierung von komplexen Informationsstrukturen möglich und andererseits können Teams auf neuartige Art und Weise mit den Informationen interagieren. Akteure können entweder parallel auf verschiedenen Arbeitsbereichen der Wand arbeiten oder die Arbeitsfläche gemeinsam nutzen.



Abbildung 75: DynaWall

Die Größe der DynaWall und die Interaktionstechniken „take and put“ (Informationsobjekte können von einer Stelle der Wand „abgenommen“ und an anderer Stelle wieder „abgelegt“ werden) oder „shuffle“ („werfen“ der Informationsobjekte von einer Seite zur anderen) eröffnen eine neue Dimension in der Mensch-Computer-Interaktion.

InterWall ®

Die InterWall dient der großflächigen Visualisierung von Arbeitsergebnissen. Diese werden auf eine mit einem holographischen Film beschichtete Glasfläche projiziert. Die direkte Projektion auf die Glasscheibe ohne Nutzung von Rahmen oder Gehäusen führt zu einem transparent und leicht wirkendem Gerät. Mit dem verhältnismäßig einfachen optischen System bestehend aus Projektor, Spiegel und Projektionsfläche kann eine hervorragende Bildqualität erzielt werden.

5.6.1.1 Ambient Intelligence

Unter dem Begriff „ambient intelligence“ wird die Integration von IuK-Technik in unsere alltägliche Umgebung sowie deren einfache, unmerkliche Nutzung bzw. Funktion charakterisiert. Die Sensor-Funktionen des CommChair und des ConnecTable zählen zu den ersten kommerziell umgesetzten Lösungen im Bereich Möblierung. Analoges gilt für die DynaWall-Funktionalitäten.

Ausrüstungskomponenten werden völlig neue Funktionsbeschreibungen erhalten. Hier zeigt sich der Vorteil der gewählten Modellierungsmethodik. Sprechakte sind abstrakt und adaptierbar. Die aufgestellten Muster der Median- oder Funktionsebene können durch neue oder modifizierte Moduln der Detail-Ebene spezifiziert werden, d.h. Funktionsmuster werden aus „Basismoduln“ generiert.

5.7 Zusammenfassung

Die Planung und Konzeption „physikalischer Kooperationsräume“ ist eine hochkomplexe Aufgabe. Einmal sind die von der System-Ebene (dem Gebäude) vorgegebenen Rahmenbedingungen bei der Raumgestaltung aufzunehmen und zu beachten. Zum anderen sind vor Beginn der Planung Nutzungsszenarien zu definieren, die vom Raum unterstützt werden sollen. Die Nutzungsszenarien wiederum erfordern eine spezifische, angepasste Möblierung.

Raumnutzungsfunktionen sind einerseits eng mit Organisations- und Managementprinzipien verbunden und bedürfen andererseits bestimmter technischer Systeme zur Unterstützung bzw. Umsetzung dieser Raumfunktion. Da sich Organisations- und Managementformen in immer kürzeren Zyklen ändern, kommt es bei der Definition der Nutzungsszenarien darauf an, möglichst flexible, adaptierbare Systeme für die Raumgestaltung zu planen und zu nutzen. Eine Unterflurverkabelung mit Elektranten oder die funkgesteuerte, erweiterbare zentrale Einheit zur Mediensteuerung sind hier nur zwei Beispiele aus dem *Scene-Lab*.

Sowohl die Ausführungen zu den multifunktionalen Arbeitstischen mit Hubvorrichtung, als auch die Ausführungen im Kapitel „Roomware“ belegen, dass es immer dringlicher wird, die Schnittstellen zwischen Funktions-Ebene (der Raum) und Detail-Ebene (Möblierung) aufeinander abzustimmen.

Der Trend in Richtung „ambitious computing“ bedeutet für den Nutzer, dass IuK-Technik in vielen Situationen des Alltags verfügbar ist, ohne dass sich der Nutzer direkt damit auseinandersetzen muss. Für Architekten, Bauingenieure und Fachplaner bedeutet „ambitious computing“ jedoch die Notwendigkeit, sich viel intensiver als bisher mit der IuK-Technik selbst, als auch ihrer Integration in gebaute Infrastruktur auseinandersetzen zu müssen.

Hier kommt es auf das Verständnis der Schnittstellen an. Durch Kombination von Funktionalitäten lassen sich Synergieeffekte erzielen, damit Investitionskosten reduzieren und die Betriebskosten optimieren.

In der Ausbildung im Fach Bauinformatik hat dies zur Konsequenz, dass sich Ausbildungsinhalte und -formen verändern werden. Einmal ist das Systemverständnis beim Studenten besser auszuprägen. Die Funktion und Architektur von Hardwarekomponenten muss sicher beherrscht werden. Zum anderen wird es darauf ankommen, dass Architekten, Bauingenieure und Fachplaner komplexe Daten und Informationen managen und gezielt auswerten können.

Ein Beispiel dafür ist die zukünftig zu erwartende Integration der Sensortechnik in Bauwerke. Ingenieure und Architekten müssen Bauherren künftig beraten können, in welcher Form sich das Betreiben und Überwachen von Bauwerken durch den Einsatz von Sensoren optimieren lässt. Schon heute werden eine Vielzahl von Informationen in Gebäuden erfasst, z.B. in Gebäudeleitsystemen. Die integrierte Nutzung dieser Informationen oder gar deren komplexe Auswertung wird heute jedoch nur sehr selten praktiziert. Prinzipiell wäre die Archivierung und langfristige Nutzung dieser Informationen schon heute möglich. Es fehlen jedoch die Werkzeuge, die Management- und Organisationsformen und das Wissen um eine derartige Vorgehensweise zu motivieren.

6 Schlussfolgerungen für die Ausbildung im Bauwesen

Im folgenden Kapitel wird aufgezeigt, wie sich mit den in Kapitel 2 beschriebenen grundlegenden Methoden, den in den Kapiteln 3 und 4 benannten bauwesentypischen Rahmenbedingungen und fachspezifischen Lösungen eine universitäre, interdisziplinäre, nachhaltige Lehre und Qualifikation im Bereich der rechnergestützten Bauwerksbewirtschaftung organisieren und methodisch strukturieren lässt. Ziel dieses Kapitels ist es also, das Wissensmanagement aus Sicht der Wissensvermittlung und des -erwerbs im Sinne der Qualifikation der „human resources“ darzustellen.

Unter Punkt 6.1 erfolgt die Darstellung der Rahmenbedingungen für die universitäre Ausbildung. Die in Tabelle 20 zusammengestellten Aspekte bilden die Grundlage für die Erläuterungen. Es wird dargestellt, wie Ausbildungsinhalte und Ausbildungsformen an die zunehmende Globalisierung der Wirtschaft angeglichen werden sollten. Danach wird auf die Notwendigkeit des lebenslangen Lernens eingegangen, insbesondere unter dem Aspekt der Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien.

Im Punkt 6.2 wird auf methodisch-didaktische Konzepte zur Verwendung in Szenarien des rechnergestützten Lehrens und Lernens eingegangen. Es werden verschiedene Lehrkonzepte und deren Prinzipien vorgestellt. Eine Darstellung von Lehrformen und Methoden schließt sich an. Im Punkt 6.3 wird eine Software-Systemarchitektur zur Umsetzung des CBT³⁹ entwickelt.

Der Abschnitt 6.4 beschäftigt sich mit der beispielhaften Anwendung der im Kapitel 2 und im Kapitel 3 erläuterten Grundprinzipien des Entwerfens und des Software Engineering für den Fall des CBT.

Tabelle 20: Abhängigkeiten zwischen Aspekten sowie Formen und Methoden zur Gestaltung der universitären Ausbildung

Aspekte der universitären Ausbildung	Profibildung der Universität / Einrichtung	Interdisziplinarität	Internationalisierung	Nachhaltigkeit	Praxisbezug	effiziente, selbständige Mittelbewirtschaftung	Austausch von Lehrinhalten	Profilierung der Lehrenden	Profilierung des Einzelnen (individuelles lernen)	Lebenslanges Lernen
	Formen und Methoden									
Transparenz		x	x		x		x		x	x
Sprechakt		x	x				x		x	
Muster		x	x	x			x	x	x	x
Modul			x	x	x	x	x	x	x	x
Neue Lehr-Lernszenarien					x	x				
projektbasierte Lehr-Lernformen		x		x	x			x	x	x
Multimediale Gestaltung			x			x	x	x	x	x
Mehrdimensionale Präsentation		x	x	x	x	x	x			x
Student als Partner und Ressource		x		x	x	x		x	x	x
Flexibilität			x		x				x	x

³⁹ CBT: Computer Based Teaching

6.1 Rahmenbedingungen für die universitäre Ausbildung

Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen haben sich seit 1990 grundlegend geändert. Mit dem Wegfall eines ganzen ökonomischen Blockes erfolgte insbesondere im Bereich des ehemaligen RGW eine Neugestaltung des Wirtschaftssystems. Zahlreiche der ehemaligen RGW-Staaten arbeiten daran, Mitglied der Europäischen Union zu werden. Ab dem Jahre 2004 wird dies für sechs Länder aus dem Gebiet des ehemaligen RGW, sowie drei weitere europäische Staaten Realität. Damit einher geht eine Umgestaltung des Bildungs- und Wissenschaftssystems innerhalb der gesamten Europäischen Union. Mit der Resolution von Lissabon 1998 wurde dem politischen Willen Ausdruck verliehen, Europa zum weltweit bedeutendsten Wissenschafts- und Wirtschaftsstandort zu entwickeln. Im folgenden Abschnitt werden drei wesentliche Aspekte dieser Entwicklung näher betrachtet: Profilbildung der Bildungseinrichtung, Profilierung der Lehrenden und Profilierung der Lernenden.

Zentraler Punkt für die Betrachtungen ist der Aspekt der Internationalisierung. Diese ist u.a. durch einen Technologietransfer ausgehend von den hochentwickelten Industriestaaten gekennzeichnet. Entscheidend wird sein, wie dieser Technologietransfer in den Zielregionen umgesetzt und nachhaltig implementiert werden kann. Mit dem Technologietransfer einhergehend ist der Wunsch nach einer Harmonisierung der Normen, Standards und Rechtsvorschriften.

Ein Kriterium für die dauerhafte Implementierung neuer Methoden und Technologien des Wirtschaftens und Produzierens wird sein, dass diese möglichst ganzheitlich umgesetzt werden und nicht nur in Teilbereichen einer Volkswirtschaft. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit zu fachübergreifenden Lehr-Lernszenarios. Weiterhin wird es nötig werden, bei der Umsetzung auf die in der jeweiligen Region gegebenen Umstände eingehen zu können und lokale Ressourcen zu nutzen. Projektbasierte Lehr-Lernformen können zu einem intensivierten Technologietransfer zwischen akademischen Partnern und Industriepartnern vor Ort beitragen.

Nicht nur aus nationalen Gesichtspunkten heraus besteht die Notwendigkeit, die universitäre Ausbildung flexibler und anpassbarer gestalten zu können. Folgende Aspekte erfordern mehr Flexibilität in Gestaltung und Aufbereitung von Lehrinhalten:

- der Umfang des zu vermittelnden Fachwissens nimmt ständig zu, die Inhalte sind fachübergreifend und durch eine hohe Komplexität geprägt (z.B. Solartechnik im Bauwesen).
- der Aufwand zur Erstellung von Lehrmaterial wächst, der Umfang der verfügbaren materiellen und personellen Ressourcen verringert sich.
- die Zielgruppen der universitären Lehre verändern sich. Dies betrifft die Altersstruktur, das Vorwissen und die Studieninteressen. Folgende Zielgruppen werden zukünftig vertreten sein:
 - Direktstudenten, überwiegend aus dem eigenen Sprachraum
 - Kursteilnehmer von anderen Universitäten als „Fern- oder Remote - Studenten“
 - Studenten, die im Rahmen eines Aufbau- oder Fernstudiums eine zusätzliche Qualifikation in Form des zweiten oder dritten akademischen Abschlusses anstreben (Masterstudium oder Promotionsstudenten)
 - Kursteilnehmer von der Industrie bzw. öffentlichen Trägern zur berufsbegleitenden Qualifizierung

Die „Dualität“ des Lernens wird sich zu einem wesentlichen Charakteristikum des Hochschulwesens entwickeln, geprägt von einer Modularisierung der Studienangebote und einem Leistungspunktsystem. Durch diese beiden Instrumente kann einerseits eine individuelle Profilierung des Studienablaufs jedes Studenten, gekennzeichnet durch verschiedene Studienorte und Praxisphasen und andererseits eine Profilbildung der Hochschulen, gekennzeichnet z.B. durch Spezialisierung oder die Fähigkeit zum interdisziplinären Arbeiten, erfolgen.

In der Verfügbarkeit neuer Werkzeuge zur Gestaltung der Lehre und neuer Modelle zur Aufbereitung der Lehrinhalte liegt neben dem erhöhten Erstellungsaufwand aber gleichzeitig auch das größte Potential zur Bewältigung der oben dargestellten Probleme.

6.1.1 Interdisziplinarität, Praxisbezug und projektbasiertes Arbeiten

Moderne Mittel des Ressourcenmanagements erfordern und ermöglichen eine zunehmende interdisziplinäre Wissensvermittlung. Die Integration fachfremder Anteile in die eigenen Lehrveranstaltungen wird durch die verfügbaren Informations- und Kommunikationsmittel einfacher. Vorlesungen oder Teile davon können in Form von Videokonferenzen direkt in die eigene Lehrveranstaltung übernommen werden. Der Zugriff auf begleitendes Lehrmaterial ist durch die zusätzliche Einbindung von Querverweisen in Hypertextdokumente und auf Hypertextdokumente anderer Autoren möglich. Die Betreuung von Studierenden durch Spezialisten aus der Baupraxis ist ebenfalls über Videokonferenzen und „*application sharing*“ technisch problemlos durchführbar.

Alle diese technischen Möglichkeiten werden unter bestimmten sozialen Rahmenbedingungen genutzt und eingesetzt. Aspekte wie „Vertrauen“ oder „Glauben“ sind nach wie vor wesentlich für eine erfolgreiche Zusammenarbeit. Das persönliche Kennenlernen ist dafür Voraussetzung.

Es bedarf also einer guten Mischung von gemeinsamer Lehr- und Projektarbeit vor Ort ergänzt um den Einsatz der elektronischen Kommunikations- und Informationswerkzeuge. Außerdem bedarf es einer Kontinuität bei Aufbau und Entwicklung stabiler Beziehungen zum Austausch von Wissen und Lehrinhalten. Vertrauen wächst in kontinuierlicher Zusammenarbeit.

Kontinuierliche, örtlich verteilte Zusammenarbeit bedeutet aber auch regelmäßige Nutzung der verschiedenen CSCW - Werkzeuge. Durch die Routine entwickeln sich bei Koordinatoren und Vortragenden Fertigkeiten, die sie in die Lage versetzen, die einzelnen technischen Parameter der IuK - Werkzeuge besser und zielgerichteter zu nutzen. Damit werden diese Tools wieder Werkzeuge zur Unterstützung der Lehr-Lerntätigkeit – sie dominieren nicht mehr das Geschehen.

Bei der Gestaltung und Organisation von projektbasiertem, praxisbezogenem Arbeiten gewinnt der Student zunehmend als Gestalter von Lehrinhalten an Bedeutung. Wenn sich Lernen auf mehrere Lebensabschnitte verteilt, bringen Studenten weiterführender Studienabschnitte, wie Masterstudiengänge, Aufbaustudiengänge und Promotionsstudium, ein viel breiteres und konsolidiertes Vorwissen, soft-skills und Praxiserfahrungen mit in den Studienprozess ein.

Dies Fertigkeiten und Fähigkeiten können bei der Lehrorganisation wesentlich stärker genutzt werden, als heute üblich. In diesem Sinne sind die Bemerkungen aus Abschnitt 6.2.4.3 zu interpretieren, in denen der Lehrende mehr als Teammanager denn als Vortragender beschrieben wird.

Damit lässt sich Lehre auch nachhaltiger gestalten. Durch die intensiveren Kontakte zur Praxis lassen sich Forschungsergebnisse schneller in der Praxis einführen. Durch eine steigende Anzahl von Studenten, die bereits im Berufsleben verankert sind, wird an den Universitäten entwickeltes Grundlagenwissen und methodisches Vorgehen mit einem höheren Multiplikatoreffekt in die Volkswirtschaft integriert.

6.1.2 Internationalisierung und Harmonisierung

Sicher können unter dieser Überschrift ganze eigenständige Abhandlungen und wissenschaftliche Arbeiten verfasst werden. Im Rahmen dieser Arbeit, und speziell in diesem Kapitel, sollen jedoch nur die Aspekte betrachtet werden, die für die rechnergestützte Lehrorganisation, das Wissensmanagement sowie die Kommunikation und Kooperation von Bedeutung sind. Die Ausführungen orientieren sich an Beschlüssen der Kultusministerkonferenz. Ausgangspunkt für die Forcierung der Aktivitäten im Bereich der Internationalisierung ist das Papier „Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit des Studienstandortes Deutschland – Beschluss vom 24. Oktober 1997“ ([146]). Hiervon gingen eine Reihe weiterer Aktivitäten aus (vgl. z.B. [147]: Kultusministerkonferenz). Die Angleichung der Abschlüsse an international übliche Bezeichnungen und Vorgehensweisen leistet einen möglichen Beitrag dazu.

Die Definition fachlich definierter, kleiner Studieneinheiten und deren Verknüpfung mit dem Leistungspunktesystem erleichtern die nationale und internationale Anerkennung von Teilleistungen und fördern somit die Mobilität der Studierenden. Auf europäischer Ebene dient dieses Leistungspunktesystem - ECTS⁴⁰ - bereits als Basis für die Anerkennung der im Rahmen von SOKRATES erbrachten Studienleistungen an Partneruniversitäten.

Über den Rahmen von SOKRATES hinausgehend wurden zwischen einzelnen Hochschulen bereits sogenannte „Doppeldiplom“ - Studiengänge vereinbart, die auf internationale Lehr-Lernszenarios ausgerichtet sind.

Aus dem Blickwinkel der Internationalisierung und Harmonisierung heraus, ergeben sich die folgenden Kriterien zur Gestaltung bzw. Aufbereitung von Lehrinhalten:

- Lehrinhalte müssen transparent darstellbar sein.
- Art und der Umfang der Vermittlung von Lehrinhalten müssen synchronisiert werden.
- Form und Umfang der Überprüfung der Teilnehmer ist offenzulegen und die Bedingungen sind anzugleichen, d.h. Benachteiligungen sind auszuschließen.

Ein bedeutender Aspekt für die Internationalisierung ist die Notwendigkeit zum Angebot von mehrsprachigen Lehrmaterial. Mehrsprachigkeit wird in den meisten Fällen im Bereich der Wissenschaft und Lehre als bilinguales Angebot bestehend aus Muttersprache und englischer Sprache interpretiert. Aus pragmatischen Gründen schließt sich der Autor dieser Interpretationsform an.

Die vom Autor entwickelte, kaskadierende Vorgehensweise bei der Beschreibung von Informationsinhalten unterstützt diese Forderungen. Mittels Sprechakten lassen sich Lehr-Lernszenarios und Inhalte auf sehr einfache Art und Weise mit Mitteln der Gebrauchssprache beschreiben. Damit wird in einem ersten Schritt die Transparenz hergestellt.

Eine Übersetzung in andere Sprachen ist einfach möglich.

⁴⁰ ECTS: European Creditpoint Transfer System

In einem zweiten Schritt erfolgt die methodenneutrale Beschreibung der Lehr-Lernszenarien durch Mustersprachen. Damit werden nicht nur die Inhalte detaillierter beschrieben, sondern auch die Abhängigkeiten der Muster untereinander (Ablaufreihenfolge) und die Schnittstellen zwischen den Mustern (Vorbedingungen, Zustand nach Abarbeitung des Musters).

Internationalisierung bedeutet auch, ein Eingehen auf nationale, ethnische und regionale Besonderheiten und Umgangsformen. Durch die methodenneutrale Beschreibung der Lehr-Lernziele mittels Mustern ist dies möglich.

Erst bei der Definition der modularen Ausprägung eines Lehrmoduls wird es nötig, sich für bestimmte Lehrmethoden, Beispiele und Werkzeuge zu entscheiden. Damit können für ein Muster verschiedene, regional angepasste Moduln zur Umsetzung definiert werden.

6.1.3 Direktstudium und lebenslanges Lernen – Kombinationen sind nötig

Die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen haben einen Paradigmenwechsel im Verständnis und der Durchführung von Lernen und Ausbildung bewirkt. Der geprägte Begriff des „Lebenslangen Lernens“ symbolisiert, dass die Bedeutung des Erststudiums sich verringert. Ein erster berufsqualifizierender Abschluss wird zukünftig mit den Bachelor / Bakkalaureus - Studiengängen erreicht. Dieser kann dann mit einem zweiten Abschluss aus einem Master- bzw. Magisterstudiengang erweitert werden. Ein Wechsel zwischen Erwerbs- und Berufsleben soll erleichtert werden. Die Wiederaufnahme bzw. Fortsetzung organisierten Lernens wird heute geradezu gefordert. Lebenslanges Lernen trägt entscheidend dazu bei, wie sich Individuen den qualitativen Veränderungen des Arbeitsmarktes anpassen können.

Weiterbildung, als einfachste Form des lebenslangen Lernens kann als selbstgesteuertes, oder kooperatives Lernen von Mitarbeitern erfolgen. Selbststeuerungs- und Kooperationskompetenzen sind dazu zu erlernen und ständig weiterzuentwickeln.

Modularisierung der Lehr-Lernszenarien erlaubt es, Weiterbildung und organisiertes Lernen auf mehrere Lebensphasen zu verteilen.

6.1.3.1 Zahlen und Fakten zum Lebenslangen Lernen

Die im folgenden Abschnitt verwendeten Zahlen und Fakten sind einer Veröffentlichung des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden entnommen (vgl. [140]: Egner).

Organisierte weiterbildende Lehrveranstaltungen:

In Deutschland führen je nach Branche zwischen 46% (Bergbau) und 100 % (Kredit- und Versicherungsgewerbe) der Unternehmen Lehrveranstaltungen zur Qualifizierung ihrer Mitarbeiter durch; im Baugewerbe sind es 51,7% der Unternehmen. Ab einer Betriebsgröße von 50 Mitarbeitern bieten 80% der Unternehmen organisierte Veranstaltungen zur Weiterbildung für ihre Mitarbeiter an.

Die Möglichkeit zur Teilnahme an diesen Lehrveranstaltungen liegt zwischen 19% der Mitarbeiter (Gastgewerbe) und 55,4% der Mitarbeiter (mit dem Kredit- und Versicherungsgewerbe verbundene Tätigkeiten). Im Baugewerbe konnten 28,7% der Beschäftigten an qualifizierenden Lehrveranstaltungen teilnehmen.

Betrachtet man den Modus der Lehrveranstaltungen, so wurden im Bauwesen 55% der qualifizierenden Lehrveranstaltungen als externe Veranstaltung und 10,3 % als interne Veranstaltung angeboten. Ein völlig gegensätzliches Bild bietet sich bei den mit dem Kredit- und Versicherungsgewerbe verbundenen Tätigkeitsbereichen. Hier wurden 89,2% der qualifizierenden Maßnahmen als interne Lehrveranstaltung erbracht.

Andere Weiterbildungsformen:

In der statischen Erhebungen wird unterschieden in: geplante Phasen der Weiterbildung am Arbeitsplatz, Job-Rotation und Austauschprogramme, Lern- und Qualitätszirkel, selbstgesteuertes Lernen und Informationsveranstaltungen.

Im Baugewerbe nutzen 62,8% der Unternehmen die o.g. Weiterbildungsformen; besonders verbreitet sind Informationsveranstaltungen (56 %) und geplante Weiterbildungsphasen am Arbeitsplatz (42,2%). Aus Sicht des Autors ist das Prinzip der Job-Rotation mit 0,1% völlig unterrepräsentiert. Es spiegelt jedoch die Fragmentierung der Bauindustrie wider.

Qualifizierungsinhalte:

Inhaltlich nehmen Schulungen zu EDV- und Informationstechnik 20,7 %, Schulungen zu Management- und Arbeitstechniken 19,6% und Schulungen zu Technik und Produktion 11,1 % des Umfangs ein.

Etwas mehr als 50% aller Schulungsangebote entfallen also auf die in dieser Arbeit besprochenen Themengebiete.

Anbieter für Lebenslanges Lernen:

Nicht alle Angebote zum lebenslangen Lernen werden universitäre Inhalte zum Gegenstand haben. Aber gerade bei den o.g. Inhalten wird es sich zu einem nicht unerheblichen Anteil um ingenieurgemäße Aufgaben handeln. Derzeit werden jedoch nur 4,5 % aller Qualifizierungsangebote durch Fach- und Hochschulen erbracht, demgegenüber stehen 35,5% der Qualifizierungsangebote, die von privaten Anbietern erbracht werden und 21,1 % die durch Organisationen der Wirtschaft und ihrer Bildungseinrichtungen gegenwärtig erbracht werden.

6.1.3.2 Potentiale für Universitäten

Weiterbildungsausgaben:

Folgende Kostenanteile werden vom Weiterbildungs-Gesamtbudget berechnet:

18,7 % Gebühren, 10,4% für externes Weiterbildungspersonal, 13,3 % für internes Weiterbildungspotential und 6,1% für Weiterbildungsräume, d.h. 48,5% der Weiterbildungsressourcen werden für Schulungspersonal und Infrastruktur ausgegeben. Demgegenüber stehen allein 43,3% Kostenanteile für Personalaufwendungen und 8,1 Prozent für Reisekosten und Spesen.

Individuell konfigurierte Weiterbildungsszenarien, zusammengestellt aus modularisierten „Lehrbausteinen“ des Direktstudiums können zweifellos durch den zu erzielenden Synergieeffekt zu einer Reduzierung der Aufwendungen für Gebühren führen.

Synergieeffekte durch Infrastrukturnutzung

Eine intensivere Nutzung der vorhandenen Infrastruktur, wie PC-Pools und Seminarräume auch für Wochenendveranstaltungen könnte helfen, Kosten für die Bewirtschaftung dieser Räume zusätzlich zu bereitgestellten Geldern der öffentlichen Haushalte einzuwerben.

Bei einer Nutzung von Kommunikationswerkzeugen zur Übertragung von Weiterbildungsveranstaltungen an die Arbeitsplätze oder ausgewählte Schulungsräume in den Betrieben, kann maßgeblich zur Reduzierung der Personalaufwendungen für Weiterbildung sowie der Spesen und Reisekosten führen.

Die intensive Nutzung dieser noch sehr kostenintensiven Einrichtungen der Kommunikationstechnik und das Erheben von Gebühren zu deren Nutzung kann zu einer schnelleren Amortisation dieser Anlagen in der Industrie und an den Universitäten führen. Im Sinne der angestrebten Globalhaushalte und der damit verbundenen gestiegenen Eigenverantwortlichkeit sollte dieser Aspekt der Weiterbildung und der Wissensverteilung bzw. der Bewirtschaftung der Ressource „Wissen“ nicht unterbewertet werden.

Ökonomische Potentiale für universitäre Weiterbildungsangebote:

Betrachtet man nun die Kosten pro Weiterbildungsteilnehmer und die Weiterbildungskosten pro Kopf, so gilt, dass im Baugewerbe zwar mit 1450 DM unterdurchschnittlich Weiterbildungskosten bereitstehen (Bundesdurchschnitt 3370 DM). Die pro Kopf-Ausgaben für Weiterbildung im Baugewerbe liegen mit 411 DM noch deutlicher unter dem Bundesdurchschnitt von 1221 DM.

Im Umkehrschluss bedeutet dies aber, dass im Bauwesen pro Teilnehmer der 3,8-fache Betrag des pro-Kopf Budgets in Weiterbildung investiert wird, wohingegen im Bundesdurchschnitt nur das 2,75-fache pro einzelnen Teilnehmer veranschlagt wird. D.h. wenige, ausgewählte Teilnehmer werden im Bauwesen auf hohem (Preis)Niveau geschult. Dies lässt bedingt die Schlussfolgerung zu, dass gerade im Baugewerbe die Universitäten ein geeigneter Partner für Weiterbildungsveranstaltungen im Bereich Lebenslanges Lernen sind, da hier technisch anspruchsvolle Themen auf methodisch-inhaltlich hohem Niveau nachgefragt werden.

Offen bleibt, ob bei entsprechend geänderten „Verteil- und Angebotsmustern“ die Nachfrage u.U. noch erhöht werden kann. Es ist vorstellbar, dass Bauleiter und anderes qualifiziertes technisches Personal die Freizeit und Schlechtwetterperioden gegebenenfalls nutzen würde, um sich vor Ort in Szenarien organisierten Lernens zu qualifizieren.

6.2 Methodisch-Didaktische Konzepte des Computer Based Teaching⁴¹

Nachdem im ersten Abschnitt des Kapitels 6 die Rahmenbedingungen des rechnergestützten Lehrens im Bauwesen betrachtet wurden, sollen in diesem Abschnitt nun die wesentlichen Lehrformen, Lehrprinzipien und das methodische Vorgehen dargestellt werden. Die Betrachtung der allgemeinen Prinzipien ist Schwerpunkt dieses Abschnitts. In den Abschnitten 6.3 und 6.4 wird dann ein enger Bezug zur dv-technischen Umsetzung dieser Lehrprinzipien hergestellt.

6.2.1.1 Methodik und Didaktik – eine begriffliche Bestimmung

Das Wort Methode stammt ursprünglich aus dem Griechischen und meint ein wohl durchdachtes Vorgehen bzw. ein Verfahren; kurzum den Weg zum Ziel. Methoden erfahren je nach Anwendungsgebiet unterschiedliche Ausprägungen: so geht es im Bereich des Lehrens um Methoden zum Vermitteln von Wissen, in der Wissenschaft um Forschungsmethoden, in der Kunst um Darstellungsmethoden, in der Industrie um Fertigungsmethoden usw.

Der Begriff der Methode im Kontext des Unterrichtens umfasst die Teilgebiete der Lehrform, der Stufen des Lehrens und der Art und Weise des Lehrens. Im weitesten Sinne steht der Term Methode als Oberbegriff der den dialektischen Zusammenhang von Lehrmethode (vermitteln, (hin)führen, gezielt betreuen) und Lernmethode (aneignen, erkennen, erschließen) beschreibt.

Im engeren, didaktischen Sinne, meint der Begriff jedoch die Lehr- oder Vermittlungsmethode und umfasst im wesentlichen:

- die sachbezogene Strukturierung (sequentiell)
- die kognitive Strukturierung (vernetzt)
- die soziale Strukturierung und
- organisatorische Maßnahmen

Das in der Pädagogik gewonnene Fachwissen zur Weitergabe von Wissen und Informationen hat sich mittlerweile zu einer Methodenlehre – also einer Methodik – entwickelt. Die Methodik wurde lange Zeit als Teildisziplin der Allgemeinen Didaktik, der Theorie von der Bildungsvermittlung und von den anzuwendenden Lehr- und Lernverfahren, verstanden. Steindorf formuliert deshalb (vgl. [152]:Steindorf, S178 f):

„Der Satz der geisteswissenschaftlichen Pädagogik vom Primat der Didaktik i.e.S. (verstanden als Inhaltslehre) im Verhältnis zur Methodik (aufgefaßt als Weglehre) gilt prinzipiell noch heute.“

⁴¹ CBT: Computer Based Teaching: Der Begriff soll als allgemeines Synonym für computergestützte Lehr- und Lernformen im Rahmen der Arbeit benutzt werden

Einschränkend ergänzt Steindorf jedoch:

„ Heutzutage wird eine strenge Trennung von Didaktik (i.e.S.) und Methodik nicht mehr vorgenommen. Man kann die Methodik nicht als bloßes Anhängsel der Didaktik (i.e.S.) bewerten. Gerade bei den in Zusammenhang mit Planung und Gestaltung ... notwendigen werdenden Überlegungen ... verbinden sich didaktisches und methodisches Fachwissen des Lehrers in einzigartiger Weise.“

In der Hochschullehre an der Universität ist die aktive Einbindung des Studenten ein Schwerpunkt des Lehrprozesses. D.h. die Anwendung der Lehrmethoden zielt letztendlich darauf ab, erst das Interesse an einer Fragestellung zu wecken, die Studenten zu motivieren, Lösungswege aufzuzeigen und bei der Problemlösung zu begleiten. Im Idealfall tritt die methodische Führung des Hochschullehrers immer stärker in den Hintergrund, die Betreuer machen sich quasi überflüssig. D.h. die anfänglich gebotene Hilfestellung bzw. Betreuungsleistung geht allmählich in ein vom Studenten gezielt genutztes „Werkzeug“ zum Selbststudium über.

6.2.2 Konzepte des Lehrens

Das in der Literatur dokumentierte Meinungsbild zu Konzepten und Aufgaben des Lehrens ist inhomogen. Die wesentlichen, sich teilweise ausschließenden, Tendenzen sollen nun kurz in Anlehnung an ([152]: Steindorf, S. 18 ff) dargestellt werden.

Wissenschaftsorientierte Lehre:

Hochschulen repräsentieren den höchsten Grad der erreichbaren Bildungsstufen. Damit steht die wissenschaftsorientierte Lehre eindeutig und unangefochten als Lehrprinzip im Mittelpunkt. D.h. die Abfolge der Lehrinhalte richtet sich nach der systematischen Struktur der korrespondierenden Einzelwissenschaft. Man unterscheidet hier zwischen begriffs- oder konzeptorientierter Vermittlung und verfahrens- oder prozessorientierter Vermittlung in Abhängigkeit von der Struktur der zu vermittelnden Wissenschaft. In den angewandten Wissenschaften des Bauwesens sind beide Aspekte vertreten, wobei die Prozessorientierung stärker hervor tritt.

In letzter Zeit wurden eine Reihe von Maßnahmen eingeleitet (z.B. HSP III⁴²) um die Defizite der wissenschaftlichen Lehrform zu kompensieren. Dies betrifft insbesondere die Stärkung der subjektiven Seite des Lehrprozesses gegenüber der kognitiven Seite – also der sogenannten „soft-skills“ wie z.B. Kooperationsfähigkeit, Kreativität, Selbständigkeit, Fähigkeit zur Darstellung / Präsentation. D.h. weitere Teilaspekte einer umfassenden kulturellen Ausbildung nämlich der soziale und der ästhetische Aspekt werden nun neben dem Teilbereich der weiterhin dominanten wissenschaftlichen Ausbildung als ergänzende Aspekte der universitären Lehre erkannt und gefördert.

⁴² HSP: Hochschulsonderprogramm

In dieser Entwicklung spiegeln sich eindeutig gesellschaftliche Veränderungen wider. Die Globalisierung der Wirtschaft bringt eben beispielsweise neue Organisationsformen wie „Virtuelle Organisationen / Teams“ hervor. Das Fachwissen des Ingenieurs ist nun nicht mehr alleinige Voraussetzung für erfolgreiche Ingenieurstätigkeit. Die Fähigkeit zur Selbstorganisation, gerade im Bereich der IuK- Technik, sowie die Fähigkeit und Bereitschaft zur Teamarbeit, sind sogenannte „*Schlüsselqualifikationen*“, die es künftig in der Ingenieurausbildung zusätzlich in die Ausbildung der Studenten mit einzubeziehen gilt.

Lernzielorientierte Lehre:

Die behavioristische Lernpsychologie, welche Lernen als gesteuerte Verhaltensänderung und das Lernziel als die Definition eines intendierten Endverhaltens interpretiert, ist die Basis für dieses Lehrkonzept. Charakteristische Merkmale dieser Lehrform sind:

- (a) Verhaltensorientierung und Operationalisierung
- (b) Modularisierung, klare Darstellung der Lehrziele
- (c) Evaluation, Lernzielkontrolle

Mit der Operationalisierung, also Transparenz der Lehrziele und Arbeitsanweisungen, kann der Student selbst besser das Erreichen oder Offenbleiben von Lehrzielen beurteilen. Die Evaluation gestattet für Lehrende und Lernende eine bessere Prüfbarkeit des Lehr-Lernerfolges. Dadurch und durch die klare Modularisierung kann die Effizienz des Lehrens gesteigert werden.

Es sollte jedoch nicht der Eindruck entstehen, dass lernzielorientierte Lehre ein „Allheilmittel“ darstellt. Nicht jedes Lehrziel lässt sich operationalisieren (z.B. Teamfähigkeit). Künsteleien sollten durch den Einsatz geeigneterer Lehrformen vermieden werden.

Das Konzept der lernzielorientierten Vermittlung eignet sich sehr gut zur Faktenvermittlung, also in frühen Phasen des Curriculums wie dem Grund- oder Grundfachstudium.

Projektorientierte Lehre:

Die Literatur (vgl. [152]: Steindorf, S. 24 f) definiert die projektzentrierte Lehre als *„gemeinsame Unternehmungen [von Lehrenden und Lernenden] „bei denen eine sinnvolle Aufgabe in Angriff genommen wird, die in einem vorweisbaren und allgemein verwendbaren Werk gipfelt. Meistens sind Projekte fächerübergreifend und auf praktisches Handeln ausgerichtet.“* Projektorientierte Lehre ist gekennzeichnet durch:

- (a) Problemorientierung und Interdisziplinarität
- (b) Selbstorganisation der Lerngruppe
- (c) Adressatenbezug: Verwirklichung der Mitbestimmung der Lernenden
- (d) Verbindung von Theorie und Praxis
(Lernen an realen Handlungsabläufen mit einer realen Zielperspektive)

Bei dieser Lehrform ändert sich sehr stark das Rollenverständnis des Lehrenden, weg vom Vortragenden und Führenden hin zum Moderator, Betreuer und Mitglied des Teams (wenn auch eines herausgehobenen).

Projektorientierte Lehrformen bedürfen eines bereits vorhandenen Faktenwissens. Sie eignen sich also besser für späte Phasen des Curriculums wie das Grundfach- oder das Vertiefungsstudium.

WEITERE LEHRKONZEPTE:

In der Literatur findet sich noch der sogenannte schülerorientierte Unterricht, bei dem die Mitbestimmung, die Selbsttätigkeit, Interaktion und Kommunikation und die Differenzierung im Mittelpunkt stehen. Diese Ziele sind auch im Konzept der projektzentrierten Lehre enthalten, bei dem jedoch die Fokussierung auf den wissenschaftlichen Inhalt gewahrt bleibt.

Das Konzept der wertorientierten Lehre stellt ethische Aspekte in den Mittelpunkt. Diese sind jedoch nur ein Aspekt der Ingenieurausbildung. Da das Konzept des wertorientierten Lehrens technologisches Handeln bewusst nicht behandelt, ist es für die Ingenieurausbildung ungeeignet und wird deshalb nicht weiter betrachtet.

6.2.2.1 Aufgaben des Lehrens

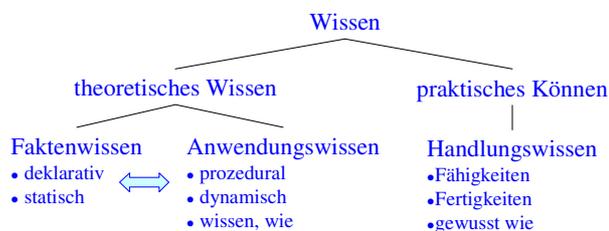
Die ältere Didaktik unterscheidet in zwei Aufgaben: Vermittlung von Wissen und Fertigkeiten sowie Entwicklung von Fähigkeiten. Damit korrespondieren auch die unten dargestellten Wissenskategorien. Alte Lernschulen fokussierten sehr stark die Vermittlung von abrufbarem Faktenwissen. Wissen bedeutet aber auch etwas sehen, etwas erkennen. Diese Interpretation referenziert auf die zweite Form theoretischen Wissens, das Anwendungswissen (oder Zusammenhangswissen). Dieses ist dynamisch bzw. prozedural beschreibbar.

↳ Lernbegriff:

- bewußt initiiertes Prozeß, bei dem Wissensinhalte einer intellektuellen Thematik an Lernende vermittelt werden,

↳ Wissensbegriff (in der Didaktik):

- kann in Faktenwissen, Anwendungswissen und Handlungswissen unterteilt werden,



Steindorf (vgl. [152], S. 29) formuliert: „Die Qualität des Wissens ist umso höher, je mehr es von Anfang an auf Wahrnehmungen und Vorstellungen basiert, je weniger es nur äußerlich angeeignet und isoliert je mehr es miteinander vernetzt ist und in Superzeichen gipfelt. Gerade auf die Ordnung und Hierarchisierung des Wissens kommt es an.“

Abbildung 76: Lern- und Wissensbegriff

Zur universitären Lehre gehört in einem begrenzten Umfang auch die Vermittlung von Fertigkeiten. Steindorf definiert Fertigkeiten als „... eine schnell und fehlerlos ablaufende elementare Fähigkeit; bestimmte Verfahren des Lernens und der praktischen Tätigkeit haben sich automatisiert [...]. Bei dem Herausbilden einer Fertigkeit sind im allgemeinen kognitive Akte beteiligt.“ D.h. Fertigkeiten sind an konkrete Aufgaben gebunden.

Demgegenüber lässt sich der Begriff der Fähigkeiten sehr schwer definieren. Am ehesten kann man das Konstrukt der Fähigkeit als aufgabenspezifisch, situationsübergreifend und transferierbar verstehen. Hauptaufgabe der Lehre ist es also, geistige Fähigkeiten mit Hilfe konkreter Lernziele herauszubilden.

6.2.3 Prinzipien des Lehrens und Lernens

6.2.3.1 Traditionelle Prinzipien

Die Entwicklung der Prinzipien der Lehre hat eine lange Tradition. Steindorf ([152], S. 44) stellt die wesentlichen wie folgt zusammen:

W. Radke formuliert schon 1614/15 „*Nicht mehr denn einerlei auf einmal*“.

In seiner „*Didactica magna*“ schlägt J.A. Comenius bereit 1657 vor:

*„Alles zu unterscheidende muss genau unterschieden werden.
Alles spätere muss sich auf das frühere Gründen.
Alles Zusammenhängende muss stets verknüpft werden.
Alles muss durch beständige Übung gefestigt werden.“*

J.Fr. Herbart reflektiert das Prinzip der Wiederholung und Festigung von Wissen in seiner „*Allgemeinen Pädagogik*“ wie folgt (1806):

„Erst eine Vertiefung, dann eine andere, dann ihr Zusammentreffen in der Besinnung! – Wieviel Übergänge dieser Art wird das Gemüth machen müssen, ehe die Person, im Besitz einer reichen Besinnung, und der höchsten Leichtigkeit der Rückkehr in jede Vertiefung, sich vielseitig nennen darf.“⁴³

Modulares oder synthetisches Vorgehen kennzeichnen den Rat J.Fr. Herbarts (1835):

„[es]beruht für den ersten Anfang die Lehrkunst vorzüglich darauf, dass der Lehrer den Gegenstand in die kleinsten Teile zu zerlegen weiss...“

A. Diesterweg formuliert ebenfalls 1835 eine, mit heutigen Worten formuliert, „*bottom-up*“-Vorgehensweise:

„Schreite vom Nahen zum Entfernten, vom einfachen zum Zusammengesetzten, vom Leichterem zum Schweren, vom Bekannten zum Unbekannten fort.“

Obwohl wir die Aussage später noch modifizieren werden, so beruht doch ein altes und fundamentales Lehrprinzip darauf, dass Lehre vom Konkreten zum Abstrakten, von der Anschauung zum Begriff zu erfolgen hat. Ein Zitat von J.H. Pestalozzi (1801) soll die Darstellung der traditionellen Lehrprinzipien abschließen:

„Die Anschauung [ist] das absolute Fundament der Erkenntnis.“

⁴³ in [152]:Steindorf, S. 47

Neuere Lehrprinzipien:

Die Vermittlung und Verarbeitung von Kenntnissen, insbesondere das In-Beziehung setzen neuen Materials zu existierenden kognitiven Strukturen (Selektieren, Strukturieren und Bedeutung verleihen) steht im Mittelpunkt neuerer Lehrmethoden. Konsequenterweise müssen also Lehrprinzipien eine systematische Planung von kognitiver Strukturiertheit unterstützen, anders ausgedrückt, das geeignete Verfahren zum Strukturieren, Organisieren und Subsumieren von Wissen durch den Lehrenden wird Ausgangspunkt der Formulierung von Lehrprinzipien. Es ist eine Abfolge von „Lehraktivitäten“ so zu planen, dass ein Erreichen des Lehrziels bestmöglich sichergestellt ist. D.h. es wird eine Lehrstrategie aus folgenden Einzelaktivitäten entwickelt:

- Benennen, Beschreiben, Berichten
- Darlegen, Meinen, Bewerten
- Verinnerlichen
- Bestimmen, Definieren, Klassifizieren
- Subsummieren, Transferieren

Es sollen im folgenden einige Lehrstrategien kurz erläutert werden:

6.2.3.2 *Weiterentwicklung, Differenzierung, integrative Verbindung, Schematisierung*

Advance Organizer-Strategie

Nach der Auffassung von D.P. Ausubel ist die kognitive Struktur hierarchisch gegliedert. Danach können neue Wissensinhalte nur dann aufgenommen werden, wenn übergeordnete, allgemeine Schemata bereits bekannt sind, in denen das neue Wissen „verankert“ werden kann. Ausubel gründet also seine Subsumtionstheorie auf die Verfügbarkeit eines „tragenden Gerüsts“, den „organizers“.

Kritisiert wird an diesem Konzept, dass die Neugier auf das Entdecken neuer Sachverhalte verloren geht, da ja bereits eine generelle Erklärung für neue Phänomene vorliegt; ja das es sogar zu Ineffektivität im Prozess des Lehrens kommt.

Basic concept-Strategie

Die Anhänger dieser Strategie halten ebenfalls die zunehmende Ausdifferenzierung allgemeiner, komplexer Sachverhalte für die geeignete Lehr-Lernstrategie. Im Gegensatz zur *advanced organizer*- Strategie steht aber hier die Vermittlung von Prinzipien mehr im Vordergrund, als die „Aufsummierung“ von Fakten in ein Prinzip von Organizers.

Ausbildung von Netzwerken (web-teaching):

Vernetztes Lehren versteht sich als Gegensatz zum linearen Lehren. Man geht hier davon aus, dem Lernenden durch die anfängliche Darstellung eines sehr weitmaschigen Netzes allgemeiner Begriffe die Einordnung neuer Inhalte zu erleichtern. Darüber hinaus wird durch das Streben nach Relationen und Zusammenhängen die Gedächtnisleistung verbessert. Streben nach Relationen bedeutet, dass die Begriffe und Abhängigkeiten nicht nur durch den Lehrenden vermittelt, sondern kontinuierlich erarbeitet und wiederholt werden. Damit entsteht beim Lernenden eine sichere und zugleich flexible Verfügbarkeit der Begriffe und Abhängigkeiten. (vgl. auch Herbart, „Allgemeine Pädagogik“, 1806).

Schemata:

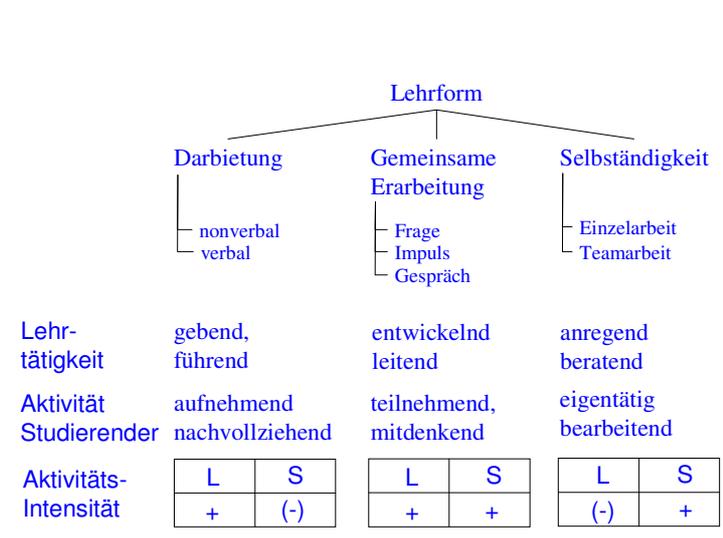
Schemata reduzieren Sachverhalte auf die Darstellung des essentiell Notwendigen, sie abstrahieren Begrifflichkeiten und reduzieren somit die Komplexität. Schlussendlich können Schemata zur Orientierung im Lehr-Lernprozess herangezogen werden, sie haben quasi eine stützende Funktion. Die Analogie zur *advance organizer*- Strategie und den anderen eben genannten Strategien ist offensichtlich. Die Spezifik und Schwierigkeit für den Lehrenden bei dieser Methode besteht im Entwickeln geeigneter Schemata zur Erläuterung bisher unbekannter Sachverhalte. Die Festigung von Wissen ist gut möglich, da eingeführte Schemata bei Einführung neuer Sachverhalte stets neu geprüft, u.U. modifiziert werden müssen.

6.2.3.3 *Weitere Konzepte - Vermittlung von Algorithmen:*

Bei dieser Strategie geht es darum, dem Lernenden ausgehend von einem prozessorientierten Ansatz, Lösungswege aufzuzeigen. Dies kann in beide Richtungen erfolgen: vom speziellen Fall zum allgemeinen Fall oder umgekehrt.

6.2.4 Lehrformen – die Art und Weise des Lehrens

Lehr- oder Unterrichtsformen beschreiben einen bestimmten Umgang im Lehr-Lernprozess zwischen Lehrenden und Lernendem bzw. zwischen den Lernenden (Studenten) untereinander. Eine bedeutende Rolle im Prozess des Lehrens spielt die Kommunikation zwischen den Prozessbeteiligten. In diesem Kommunikationsprozess werden die Aktivitäten der Beteiligten in verschiedenen Modi ausgeführt (aktiv / passiv). In der Literatur (vgl. [152]: Steindorf, S. 130 f.) finden sich folgende Formulierungen:



„Unterrichtsformen sind Ausprägungen personaler Verhältnisse (...) beim Aneignen der Bildungsinhalte“ und „[sie sind] soziale Formen des Unterrichts“ (nach Rank) „[sie sind] „Vollzugsweisen des Unterrichts“ (Wegmann). Die verschiedenen Lehrformen, die Rolle und die erforderliche Intensität der Aktivitäten sind in Abbildung 77 zusammengestellt. In den folgenden Abschnitten sollen die Lehrformen nun kurz dargestellt und charakterisiert werden.

Abbildung 77: Übersicht Lehrformen
(frei nach [152]: Steindorf, S.131)

6.2.4.1 Darbietung - Vermittelnde Lehre

Der Form des darbietenden Lehrens galt die Vorliebe der traditionellen Didaktik. Erst Ende des 19. Jh. Anfang des 20. Jh. wurden, insbesondere durch die Reformpädagogik, alternative Ansätze des Lehrens entwickelt bzw. wiederentdeckt. Dies führte wiederum zu einer, teilweise übertriebenen, Verbrämung der darbietenden Lehrformen. Man unterstellte den expositorischen Lehrformen fälschlicherweise, dass diese zu mechanischem, passivem Lernen führen - Rezeptivität and Reaktivität können jedoch nicht mit Passivität gleichgesetzt werden (vgl. Ausubel, Bd. 1, S.92).

Die darbietende Lehre ist die geeignete Lehrform, um Lernende in neue Inhalte einzuführen. Neue Inhalte bedeutet, die Lernenden verfügen über kein oder kein verlässliches Wissen zum Bildungsinhalt. Man unterscheidet generell zwischen verbaler und nonverbaler Darbietung.

Verbale Darbietung:

Bei oberflächlicher Betrachtungsweise scheinen die verbalen Lehrformen die einfachsten Lehrformen zu sein. Das Wort des Lehrenden ist in dieser Lehrform das wichtigste Unterrichtsmittel. Bei genauerer Betrachtung wird aber im Gegensatz zur nonverbalen Darbietung hier das geregelte Zeichensystem „Sprache“ zur Kommunikation benutzt. Unterschiedliche Interpretationsmöglichkeiten sowie die benötigte Zeit zum „entschlüsseln“ – also interpretieren und verstehen – des Inhaltes bestimmen hier das Problemumfeld. Da es sich aber bei den traditionellen Formen der verbalen Darbietung um direkte Lehrformen handelt, kann der Lehrende sehr schnell auf Unklarheiten reagieren und zwischen den Ausprägungsformen Vortragen, Erklären und Berichten wechseln.

Der Vortrag wird bei der Einführung neuer Lehrinhalte immer noch als die geeignetste Lehrform angesehen. Er sollte zu fundierterem, weniger trivialen Wissen führen, als wenn Lernende ihre eigenen Pädagogen sind. Ausubel wird deshalb von Steindorf (vgl. [148], S. 137) wie folgt zitiert:

„Die Kunst und Wissenschaft, Ideen und Informationen effizient zu repräsentieren – so dass klare, beständige und eindeutige Bedeutungen entstehen und über lange Zeit hinweg als ein organisierter Wissenskörper behalten werden – ist somit wirklich eine der Hauptfunktionen der Pädagogik“.

Das Erklären in didaktischer Absicht meint im Zusammenhang dieser Arbeit nicht in erster Linie das Begründen im naturwissenschaftlichen Sinne, sondern soviel wie klarmachen, verdeutlichen. Der Lernende kann also erwarten, dass ihm der Lehrende in angemessener Weise einen Weg zum Verstehen ermöglicht. Der Lehrende hat sich kontinuierlich zu vergewissern, ob das Dargebotene von den Lernenden wirklich begriffen wurde.

Berichte zu Ereignissen und zur Illustration von Sachverhalten können verbale Darbietungen auflockern, motivieren oder abschließen.

Verbale Darbietungen in der universitären Lehre:

Ein hochschulspezifisches Charakteristikum ist die Gruppengröße bei Vorlesungen. Geht man in der Schulpädagogik in der Regel von Gruppengrößen von 30 Teilnehmern aus, so sind in der universitären Lehre im Grundstudium 120 bis 300 Teilnehmer keine Seltenheit. Der Einsatz verschiedener Kommunikationsmechanismen wie Mimik und Gestik ist hier nur noch bedingt praktikabel. Dies bedeutet jedoch nicht, dass eine nonverbale Interaktion mit den Lernenden völlig ausgeschlossen ist. Der Vortragende ist hier gezwungen auf „Gruppen“-indikatoren zu reagieren, wie Unruhe, aktives Mitschreiben von Lern-Gruppen, aber auch Zwischenfragen der Studenten. Es wird sich zeigen, dass diese Unterschiede auch Konsequenzen auf die Gestaltung der IuK-Technik hat.

6.2.4.2 Gemeinsame Erarbeitung - Aktivierende Lehre

Aktivierende Lehre verfolgt allgemein das Ziel, im Prozess des Lehrens einen Impuls⁴⁴ auszulösen, d.h. den Lernenden zum Stellungnehmen, zum Weiterdenken usw. anzuregen. Dies erfolgt als eine gemeinsame Erarbeitung des Lehrinhaltes, der Lernende bringt sich aktiver in den Lehr-Lernprozess mit ein. Wurde in der traditionellen Didaktik die Lehrerfrage als das wesentliche Mittel zur gemeinsamen Erarbeitung angesehen, so entwickelten die Reformpädagogen später den Begriff des Unterrichtsimpulses als Alternative zum Frageunterricht.

Impulsgebung

Die Auslösung eines Impulses bedarf stets eines Mediums. Daraus resultiert die Strukturierung in sprachliche und nicht-sprachliche Impulse. Zu den sprachlichen Impulsen zählen: allgemeine Äußerung, Imperativ, Einspruch und Wiederholung. Die nicht-sprachlichen Impulse umfassen: mimische Impulse, Sprechpause und mediale Impulse.

Die Impulsgebung eröffnet umfangreichere Möglichkeiten zum aktiven Lernen. Ein Problem ist vom Lernenden selbst zu lösen, Strategien und Formulierungen sind selbst zu entwickeln.

Fragen

Fragen, insbesondere Fragenketten, legen das Denken des Lernenden in eine Richtung fest. Dies ist nicht nur zur Wissensvermittlung, sondern auch für Wiederholungs- und Prüfungsaspekte sehr günstig. Fragen intendiert nicht immer Nichtwissen bzw. Auskunft erlangen wollen, sondern auch sachlich und gedanklich weiter zu führen oder einen Aspekt unter ganz bestimmten Voraussetzungen zu betrachten (Wo? – Ort; Wann? – Zeit; Warum? – kausal). Generell wird durch Fragen der zu vermittelnde Inhalt in dialogischer Form so aufbereitet, dass der Lernende Schlussfolgerungen und Verallgemeinerungen selbst entwickeln kann.

Fragen können unterschiedliche didaktische Funktionen haben. Man unterscheidet in: Ergänzungsfragen oder Entscheidungsfragen bzw. Gliederungsfragen, Entwicklungsfragen, Wiederholungsfragen und Prüfungsfragen.

⁴⁴ Impuls: von lat. impulsus: Anstoß, Stoß, Antrieb, Anregung

luK-Unterstützung:

Sollen verbale Darbietungen remote⁴⁵ erfolgen, so bedarf es einer geeigneten Infrastruktur um gewohnte „Kommunikationsmechanismen“ weiter nutzen zu können. Prinzipiell bedarf es einer einfach integrierbaren Steuerung von Audio- und Videoübertragung. Ruummikrophone sind geeignet um ohne manuelle oder technische Steuerung die Beiträge möglichst viele Teilnehmer einer Diskussion zu erfassen. Kameras sollten speicherbare Positionen haben, damit sich die Lehrkräfte ohne großen Aufwand schnell einen Überblick im Vortragsraum verschaffen können. Zoomfunktionen sind nötig, wenn man sowohl Gruppenreaktionen (Übersicht) als auch mimische Reaktionen von Einzelpersonen erfassen will.

Für detailliertere Erläuterungen zu einer möglichen Konfiguration Physikalischer Kooperationsräume im Bereich des Bauwesens sei auf Kapitel 5.2 verwiesen.

6.2.4.3 *Selbständigkeit - Einzel- oder Teamarbeit?*

Charakteristisch für diese Lehrform ist, dass der Lehrende hier beauftragende und beratende Funktionen wahrnimmt und der Lernende selbständig bzw. bearbeitend im Lehr-Lernprozess integriert ist. Der Lehrende wird also zum „Manager“ des Lernprozesses, er „inszeniert“ den Lehr-Lernprozess. Er befähigt die Lernenden zum selbständigen Arbeiten und überwacht die Arbeiten. Die Lehrer-Lerner Beziehungen gliedern sich in die drei Phasen:

1. Zerlegung des Aufgabenkomplexes in Teilaufgaben,
2. Ausführung – Arbeitsprozess,
3. Synthese der Teilergebnisse – Ergebnisprüfung.

Die Arbeiten können weiterführenden, vertiefenden oder vorbereitenden Charakter haben.

Um selbständige Arbeit erfolgreich absolvieren zu können, bedarf es der Vorbereitung der Lernenden durch:

- die Erteilung klarer, eindeutiger Arbeitsaufträge
- die Einführung in Arbeitsmittel und Arbeitstechniken sowie deren Bereitstellung
- die kontinuierliche Fortschrittskontrolle, Ergebnissicherung und Beratung der Lernenden

Ziel der Einzelarbeit ist es, dass der Lernende aus eigenem Engagement tätig wird. Wenn Einzelarbeit zur Differenzierung beitragen soll, erfordert sie einen hohen Vorbereitungsaufwand. Im Vertiefungsstudium wird die Einzelarbeit häufig genutzt. Seitens des Lehrenden sollte beachtet werden, dass Einzellernen nicht in „Konkurrenzlernen“ umschlägt. Eine Ergänzung durch „soziale“ Lernformen sollte stets erfolgen.

Teamarbeit (Gruppenunterricht) ist eine relativ neue, mittelbare Lehrform; sie verwirklicht das Aktivitätsprinzip. Die Gruppen der Lernenden werden zu den Trägern des Lernprozesses. Gruppenarbeit erhöht die Kompetenz zur Kommunikation und Kooperation. Es erfolgt eine Gliederung der Lernenden mit dem Ziel der Differenzierung der einzelnen Beiträge. Zusätzlich erfolgt spätestens beim Prozess der Synthese der Teilergebnisse die Schulung sozialer Kompetenzen, wie z.B. der Teamfähigkeit. Durch die Transparenz der Aktivitäten sowie die erforderliche Kontrolle ist die Leistungsbewertung besser möglich.

⁴⁵ remote: Dies meint, dass der Darbietende an einem anderen Ort, aber zur gleichen Zeit, die Aktivität der Darbietung vollzieht.

Es wird in die Grundformen arbeitsgleiche Teamarbeit bzw. arbeitsteilige Teamarbeit sowie die Hybrid-Form gemischt-arbeitsteilige Teamarbeit unterschieden. Während bei arbeitsgleicher Teamarbeit alle Gruppen eine Aufgabenstellung im Wettbewerb parallel bearbeiten, erfolgt bei der arbeitsteiligen Teamarbeit die Bearbeitung unterschiedlicher Aufgabenstellung. Arbeitsgleiche Teamarbeit ist vorteilhaft, wenn wichtige Inhalte intensiv erarbeitet werden sollen, es um den Erwerb von praktischen Fertigkeiten und Fähigkeiten geht sowie die Kreativität des Teams bestmöglich genutzt werden soll. Arbeitsteilige Teamarbeit ist dann von Vorteil, wenn in einem bestimmten Zeitrahmen eine komplexe Aufgabenstellung bearbeitet werden soll. Hier sind die Details der zu vermittelnden Inhalte weniger wichtig, sondern die Vermittlung der Zusammenhänge zwischen den Teilbereichen. Deshalb sollte hier der Synthese der Arbeitsergebnisse mehr Raum eingeräumt werden.

Teamarbeit ist als Lehrform aus didaktischer und organisatorischer Sicht anspruchsvoll. Die folgenden Randbedingungen sind zu beachten:

- Teilnehmerzahl
- Zweckmäßig ausgestattete Räume
- Steuerungsmechanismus zur gleichmäßigen Verteilung der Aktivitäten (Mitläufer-Problem)
- Überforderungen vermeiden
- Beherrschung der nötigen Arbeitstechniken
- Besondere Beachtung verdient das Training der Technik des Berichtens und Präsentierens vor der Gruppe

6.2.4.4 *Evaluation – Lernfortschrittskontrolle*

Die Lernfortschrittskontrolle verfolgt zwei Ziele: Einerseits soll es dem Lernenden ermöglicht werden, seinen Erkenntniszugewinn beurteilen zu können. Andererseits ist die Lernfortschrittskontrolle für den Lehrenden ein wichtiges Instrument, um mit den Lernenden im Dialog zu bleiben und die Gestaltung seiner Lehre dem Lernverhalten der Lerngruppe anpassen zu können.

Selbstkontrolle

In der universitären Lehre und im Bereich des lebenslangen Lernens stellt die Selbstkontrolle ein wichtiges Element zur Selbststeuerung dar. Der Lehrende kann davon ausgehen, dass die Lernenden bereits über ausreichende Fähigkeiten zur realistischen Bewertung der eigenen Lernerfolge verfügen.

Es kommt also darauf an, ausreichend Möglichkeiten zur Selbstkontrolle anzubieten. In klassischen Lehr-Lernszenarien haben die Studenten i.d.R. die Möglichkeit über kleine Belegarbeiten in Form von Konstruktions- und Rechenaufgaben zu prüfen, ob das angeeignete Faktenwissen auch aktiv anwendbar ist. Eine weitere sehr einfache Form der Selbstkontrolle sind die sogenannten „multiple choice tests“. Hier werden in erster Linie Faktenwissen oder einfache Zusammenhänge abgefragt. „Multiple choice tests“ sind sehr gut formalisierbar und deshalb auch sehr gut rechnergestützt zu bearbeiten. Sie können damit auch eine Steuerungsfunktion in multimedialen Lehr-Lernumgebungen übernehmen.

Prüfungen

Prüfungen und Klausuren sind organisierte Formen der Lernfortschrittskontrolle. Sie werden i.d.R. auch als Grundlage zur genormten Bewertung und Zertifizierung eines Lehr-Lernabschnittes benutzt. Man unterscheidet zwischen schriftlichen und mündlichen Prüfungen. Eine Sonderform im Bereich der angewandten Informatik stellen problembezogene mündliche Prüfungen am Rechner dar.

Im Bauingenieurwesen und der angewandten Informatik im Bauwesen wird meist ein Mix aus Faktenwissen, aktiv anzuwendendem Verständniswissen und qualitativ nachzuweisenden, komplexen Problemlösungsfähigkeiten geprüft.

Prüfungen sind unter vergleichbaren Bedingungen zu absolvieren. Der Weg unter denen der Kandidat zu einem Ergebnis gelangt ist muss nachvollziehbar sein. Die für die Prüfung verantwortliche Einrichtung muss sicherstellen, dass der zu prüfende Kandidat nur mit den erlaubten Hilfsmitteln und selbständig zum Ergebnis kommt.

Prüfungsergebnisse sind zehn Jahre archivierungspflichtig.

Insbesondere die letztgenannten Bedingungen machen es sehr schwer, Prüfungen komplett und ausschließlich mit Mitteln der Informations- und Kommunikationstechnik zu organisieren und durchzuführen. Die technischen Einrichtungen, die nötig sind um die Identität beim Betreten eines Prüfungsraumes eindeutig zu prüfen, den Zutritt für Unberechtigte eindeutig auszuschließen, sowie das Verlassen während der Prüfung zu verhindern sind sehr aufwendig und z.Zt. noch sehr kostenintensiv.

Die Archivierung digitaler Prüfungsleistungen ist nur bei oberflächlicher Betrachtung unproblematisch. Digitale Archivierung von Prüfungsergebnissen bedeutet nicht nur das einzelne digitale gespeicherte Dokument archivieren zu müssen. Es muss vor Verfälschungen geschützt sein. Das digitale Dokument muss sich auch am Ende des Archivierungszeitraumes wieder eindeutig reproduzieren lassen. D.h. eine hinzugefügte digitale Signatur muss sich mit den benötigten Zusatzgeräten und Softwarekomponenten (*public-* und *private key*) wieder eindeutig entschlüsseln lassen. Diese *keys* sind entsprechend dem Datenschutzbestimmungen zu archivieren.

Die zur Erzeugung benutzte Softwareapplikation muss noch vorhanden sein, einschließlich der zugehörigen Betriebssystemversion und im Extremfall der dazu benötigten Hardware.

Insbesondere Verwaltungsabläufe und ein einheitliches, formales Vorgehen im Universitätsbetrieb sind zu großen Teilen noch zu erarbeiten, bevor Prüfungsleistungen komplett digital erbracht werden können.

Die wissenschaftlich-technischen Voraussetzungen dazu sind heute schon verfügbar. Die kostengünstige Verfügbarkeit der benötigten Komponenten ist absehbar, insbesondere nachdem seit September 2001 enorme Investitionen im Bereich der Entwicklung und den serienmäßigen Bau von Sicherheitstechnik wie biometrische Identifikationssysteme, digitale Signaturen oder dezentrale, mehrfache Datenhaltung und Migrationstrategien vorgenommen werden.

6.2.5 Methoden zur Gestaltung der Lehre

Die Methoden zur Gestaltung der Lehre lassen sich aus dem Verständnis der Lehrmethoden (Vermittlung, Führung usw.) und der Lernmethoden (Aneignung, Erkenntnis usw.) erschließen und definieren. In der didaktischen Literatur wird hier ein ganzes Bündel von Methoden zusammengefasst:

- (a) Kognitive Strukturierung
- (b) Soziale Strukturierung
- (c) Organisatorische Maßnahmen
- (d) Sachstrukturelle Anordnung

6.2.5.1 Stufen

Mit der Erkenntnis J.Fr. Herbarts und seiner Nachfolger, dass Lehrstoff nicht auf einmal, sondern schrittweise vermittelt werden soll, war die Grundlage zur Theorie der Unterrichtsstufen gelegt. Die Artikulation (lat. articulus: Teil, Abschnitt) gibt dem Lehrenden Sicherheit in der Planung und Gestaltung seines Unterrichts. Die Abfolge des Lehrprozesse ist durch die mehr oder weniger deutlich hervortretenden Zäsuren gegliedert und gewinnt so auch an Kontur für den Lernenden. Mit den Stufen entsteht ein Kriterium für die Aufbaustruktur und eine Möglichkeit zur angemessenen, gegliederten Beschreibung des Lehrziels. Die Einführung eines Stufenmodells zur Gliederung der Lehre ist aus folgenden Aspekten sinnvoll:

- LERNPSYCHOLOGIE: Zäsuren im Lehrverlauf begünstigen das Verstehen und Behalten von Inhalten. Sie fördern die Motivation und wirken der Ermüdung entgegen.
- INHALT: Der Lehrstoff braucht Gliederung.
- LEHRZIEL: Die Abfolge ist vom Lehrziel abhängig
- DRAMATURGIE: Das (darstellerische) Vermögen des Lehrenden wird einbezogen.

In der Literatur finden sich sehr vielschichtige Vorschläge für mögliche Stufengliederungen. Die in Tabelle 21 dargestellten Lehrformen spiegeln den Wissens-Auffassungs- und Aneignungsvorgang aus Schülersicht wider.

Tabelle 21: Ausgewählte Lehrstufen (frei nach [152] :Steindorf, S. 184)

Name	Stufen					
	1	2	3	4	5	6
Herbart	Klarheit		Assoziation	System	Methode	
Ziller	Analyse	Synthese	Assoziation	System	Methode	
Rein	Vorbereitung	Darbietung	Verknüpfung	Zusammenfassung	Anwendung	
Hubert	Einführung	Erschließung		Besinnung	Bewältigung	

Aus Sicht der modernen Didaktik kann es jedoch kein genormtes Verfahren für alle Lehrszenarien geben. Derzeit orientiert man auf die Erarbeitung fachspezifischer Phasen-Modelle.

6.2.5.2 Planung

Planung steht im Rahmen dieser Arbeit für Umfang und Strukturierung der nötigen Vorbereitungen zur Lehre. Der Inhalt der Planungsaktivitäten umfasst die in den vorangegangenen Abschnitten erläuterten Methoden und Aktivitäten. Die Notwendigkeit zur Planung und Vorbereitung der Lehraktivitäten resultiert nicht zuletzt aus der Forderung zum wissenschaftsorientierten Lehren (vgl. Abschnitt 6.2.2). Voraussetzung für planerische Aktivitäten in der Hochschullehre sind die amtlichen Vorgaben in Form von Studienplänen. Diese sind nun entsprechend dem Stand der Wissenschaft sowie den Gegebenheiten der Organisationseinheit auszugestalten. Dies erfolgt durch Konkretisierung, Detaillierung und Individualisierung bezüglich Lehrenden und Lernenden.

Lehr- und Lernprozesse sind während der Planung im Voraus zu durchdenken, um sie bewusst steuern zu können. Die Vorbereitung dient folgenden Zielstellungen:

- (a) Vorbereitung sichert planmäßige und zielgerichtete Durchführung der Lehre.
- (b) Vorbereitung führt zur notwendigen Souveränität, um beim Lehren flexibel reagieren zu können.
- (c) Vorbereitung verhindert, dass Maßnahmen übersehen werden.
- (d) Planung als Wechselspiel von Vor- und Nachbereitung sichert die kontinuierliche Verbesserung der Lehrtätigkeit.

In der Literatur (vgl. [152];Steindorf, S. 189 f) wird unterschieden zwischen:

- Längerfristiger und Mittelfristiger Planung (auch Makroplanung genannt)
- Kurzfristiger Planung (auch Mikroplanung genannt)

Innerhalb der Makroplanung erfolgt die Sachplanung als Festlegung der fachlich-inhaltlichen Zielstellungen, d.h. es erfolgt die Qualifizierung, Quantifizierung und Modularisierung des Lehrstoffes. Außerdem wird ein sogenannter Lehrstoffverteilungsplan erstellt, in dem zusätzlich eine Zeitplanung vorgenommen wird; also z.B. Beachtung von Zäsuren, Terminen für die Bereitstellung technischer Hilfsmittel und externer Lehrmittel. Die Mikroplanung umfasst die aktuelle, unmittelbare Tages- oder Wochenplanung. Hier wird der Kontext zu übergeordneten bzw. zu vorangegangenen und nachfolgenden Lehrveranstaltung konkret abgestimmt. In Abhängigkeit von der zeitlichen Kategorisierung der Planungsaktivität werden folgende Aspekte mehr oder weniger detailliert bearbeitet:

- Sachliche Vorbereitung: Hier geht es um die Aufarbeitung der inhaltlichen Aspekte. Die didaktische Umsetzung ist noch nicht von Bedeutung. Die Lehraufgabe ist festzulegen.
- Didaktische Vorbesinnung: Es wird begründet, warum ein Sachverhalt Lehrgegenstand wird. Zusätzlich erfolgen die Zuordnung zu Lehr-Lernzielen sowie die Festlegung des Lehrprinzips.
- Methodische Vorbesinnung: In diesem Schritt wird beschrieben, wie der Lehrinhalt zum Lernenden transportiert wird, d.h. die Gliederung (Stufung), die Lehrform (Art und Weise) und die technischen Hilfsmittel (z.B. Medien) sind festzulegen.

- Lernfortschrittskontrolle: In diesem Schritt ist zu bestimmen, wie die Lernfortschrittskontrolle durch den Lehrenden erfolgen kann. Zusätzlich können Aktivitäten zum weiteren Einprägen bzw. Einüben gewählt werden, die zur Verbesserung des Lernfortschritts dienen können.
- Technische Vorbereitung: Die Bereitstellung der technischen Hilfsmittel ist zu organisieren, sicherzustellen.

Nachbereitung:

In die Planung müssen natürlich auch die aus vorangehenden Lehraktivitäten gewonnenen Erfahrungen mit einbezogen werden. Nur so kann eine kontinuierliche Verbesserung der Qualität des Lehrniveaus erfolgen. Analoges gilt für die Individualisierung der Lehre. Hierzu ist es nötig, dass spezifische Charakteristika der Teilnehmer bekannt sind.

6.2.5.3 Gestaltung

Lehrgestaltung und Planung der Lehre sind eng miteinander verknüpft. Bei der Festlegung des Ablaufs einer Lehraktivität wird quasi die Ausprägung der Planung oder die Instantiierung der Planung vorgenommen. Im wesentlichen kann man sich an dem in Abschnitt 6.2.5.1 [Stufen] erläuterten Stufenkonzept orientieren. Je nach Funktion der Lehraktivität können die einzelnen Stufen individuell kombiniert werden. Wie schon erwähnt, wird die Existenz eines allgemeingültigen Stufenkonzeptes nach dem aktuellen Forschungsstand in der Didaktik verneint. Aus der Zusammenstellung in Tabelle 21 ergibt sich folgende Gliederung:

Eröffnung	(Analyse, Vorbereitung, Einführung)
Vermittlung - Begegnung mit dem Neuen	(Synthese & Assoziation, Darbietung & Verknüpfung, Erschließung)
Vertiefung	(System, Anwendung, Besinnung)
Abschluss	(Methode, Zusammenfassung, Bewältigung)

Eröffnung, Einführung

In dieser Stufe soll eine Aktivierung der Lernenden erfolgen, d.h. Ziel ist es eine Erwartungshaltung bei den Lernenden zu erzeugen. Die Einführung sollte kurz, prägnant und logisch zwingend sein. In der Literatur werden vielfältige Möglichkeiten benannt (z.B. in [152]: Steindorf, S. 199 f), von denen hier die wichtigsten kurz aufgeführt werden sollen:

- Anknüpfung an vorangegangenes / bekanntes Thema
- Konfrontation mit dem Gegenstand, Problementfaltung (z.B. Dias, Kurzfilm, Statistiken)
- Vorübung
- Erfahrungs- oder Erlebnisbericht

Vermittlung – Begegnung mit dem Neuen

In dieser Phase wird der Lernende mit dem Lehrinhalt konfrontiert, vertraut gemacht. Es erfolgt die wohl geordnete Darlegung des Lehrgedankengangs. Die Vermittlungsphase nimmt in der Regel den größten Zeitraum ein.

Als Lehrformen stehen die Darbietung, die gemeinsame Erarbeitung oder die Teamarbeit zur Verfügung (vgl. Abschnitt 6.2.4).

Vertiefung

Ziel der Phase ist es, sich einerseits die neuen Lehrinhalte vergegenwärtigen zu können und sich andererseits ein tieferes Verständnis für die neuen Inhalte zu erarbeiten. Am Ende der Phase soll sich der neu eingeführte Lehrinhalt zu einer Erkenntnis verdichtet haben.

Wiederum sollen kurz die wesentlichen Gestaltungsmöglichkeiten benannt werden:

- Erstellen von Gliederungen in Form von Übersichten, Tabellen, Grafiken
- Erarbeiten von Algorithmen, Gesetzen, Ursache-Wirkung-Beziehungen, allgemeinen Randbedingungen
- Herausarbeitung des Kerngedankens durch Wiederholung, Überhöhung, Auslegung, Deutung

Abschluss

Ein erfolgreicher Abschluss der Lehraktivität ist erst dann gegeben, wenn sich der Lernende den Lehrgegenstand zu eigen gemacht hat. Dies ist in der Regel nach einem einmaligen „Lernzyklus“ noch nicht gegeben. Ein wesentliches Grundprinzip der Erfolgssicherung und der Leistungssteigerung ist die Wiederholung. Daraus ergeben sich die meisten der nun dargestellten Gestaltungsmöglichkeiten:

- Übungsaufgaben (mechanische Lösung) oder Anwendungsaufgaben (Transfer)
- Arbeitsauswertung (bei Teamarbeit)
- Einführung in eine Hausaufgabe, weiterführenden Arbeitsauftrag in Einzelarbeit

6.3 Eine Systemarchitektur zum Wissensmanagement

Der folgende Abschnitt beschreibt eine mögliche Systemarchitektur, in der sich die bisher zusammengestellten Anforderungen und Charakteristiken der (Hochschul-)lehre widerspiegeln.

Abbildung 78 gliedert sich in zwei Teile, die Darstellung der Architektur (links) sowie die detaillierte Darstellung der enthaltenen Wissens- oder Informationsobjekte (rechts). Die Gesamtheit aller Komponenten wird als „Learning Engine“ bezeichnet.

6.3.1 Systemkomponenten

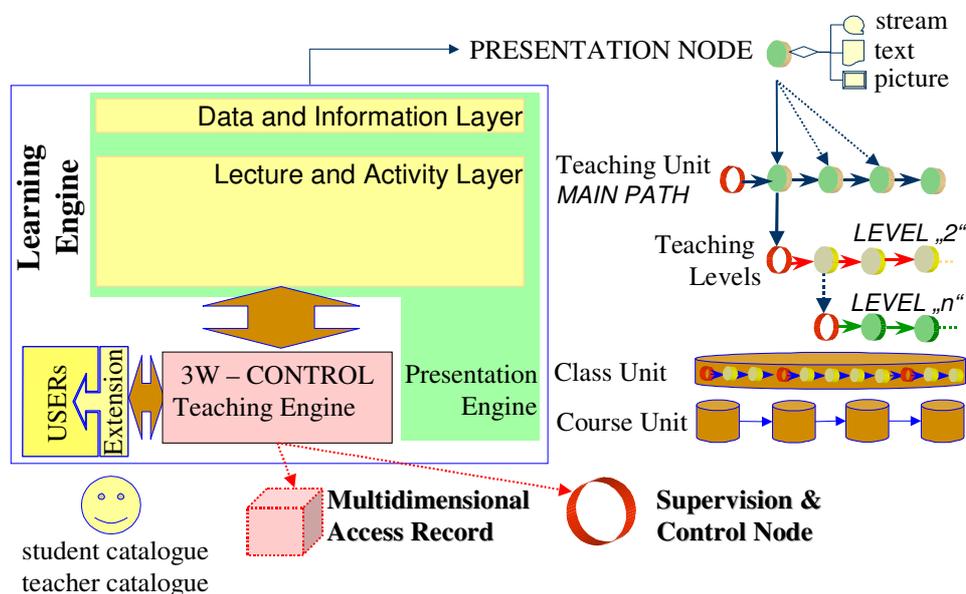
Die „Learning Engine“ (LE) besteht aus drei Komponenten:

- der „Presentation Engine“ (PM) zur Inhalts- und Wissensverwaltung
- der „Teaching Engine“ (TE) zur Lernfortschrittskontrolle, Ablaufplanung und -steuerung und
- dem „User Management“ also der Nutzerverwaltung (UM).

Mit dieser Dreiteilung ist eine relative Unabhängigkeit der drei Teilbereiche:

- Ressource „Wissen“,
- Ressource „Organisation“ und
- Ressource „Mensch / Aktuer“.

sichergestellt. Auch hier bedient sich der Autor zur Reduzierung der Komplexität wieder der Methode der Dekomposition.



K. Menzel, 14-Oct-01

Abbildung 78: Systemarchitektur eines e-learning Systems zum Wissensmanagement

6.3.2 Strukturierung der Inhalte - Wissensmanagement

Die sogenannte „*Presentation Engine*“ gliedert sich in:

- den „*Lecture and Activity Layer*“ (LA-L) – die methodisch-didaktische Gliederungsebene und
- den „*Data and Information Layer*“ (DI-L) – die dv-technische Gliederungsebene.

Die Trennung in Datenstrukturen und inhaltliche Strukturen ist eine gebräuchliche Vorgehensweise im Bereich des Software Engineering. Sie spiegelt sich auch in den derzeit entwickelten Normungsstandards wie SCORM / *Dublin Core* oder EML wider. So unterscheidet SCORM (vgl. [137]; Scorm) beispielsweise in das *content model* zur Verwaltung der dateibasierten Inhalte und deren verschiedene Aggregationsstufen, sowie in das *content packaging*, zum Modellieren der methodisch-pädagogischen Struktur.

Verbindung LA-L und DI-L:

Die Verbindung der beiden Ebenen erfolgt durch die Einführung des „*Presentation Node*“ (PR-N). In ihm werden die dv - Basiselemente zusammengeführt. Der PR-N entspricht dem kleinsten fachspezifischen Element.

6.3.2.1 *Elemente der methodisch-didaktische Gliederungsebene*

Eine „*Teaching Unit*“ (TE-U) bildet die kleinste Lehreinheit. Sie ist aus mehreren „*Presentation Nodes*“ zusammengesetzt. Eine TE-U wird als gerichteter Graph modelliert, um die Möglichkeit zu haben, den Inhalt in einer bestimmten Reihenfolge abzuarbeiten.

Eine „*Class Unit*“ (Vorlesung, Seminar usw.) ist die Aggregation mehrerer TE-U s.

Mehrere CL-U s wiederum werden zu einer Lehrveranstaltungsreihe – der sogenannten „*Course Unit*“ (CO-U) verbunden.

6.3.2.2 *Verbindung Ablaufmodell mit allgemeiner und individueller Ablaufsteuerung*

Die Verbindung zwischen „*Presentation Engine*“ und „*Teaching Engine*“ erfolgt über die Einführung eines sogenannten „*Supervision and Control Nodes* (SC-N)“. Dieses Element dient der Zugriffskontrolle auf eine Lehreinheit (supervision) sowie der Ablaufsteuerung (control).

Der SC-N kann um Nutzerinformationen erweitert werden und dient dann zusätzlich der Verbindung von „*User Management*“ und „*Teaching Engine*“. Der SC-N bildet also das Analogon zu der in ARIS eingeführten Steuerungssicht (vgl. Abschnitt 2.5.2).

Die Darstellung und Analyse der Zugriffskontrollen erfolgt über den „*Multi Dimensional Access-Record*“ (MDA-R).

6.3.2.3 *Nutzermanagement*

Für das Nutzermanagement können schon bestehende Verwaltungssysteme für Studenten und Lehrende über eine Schnittstelle eingebunden werden. Als Synonyme für ein derartige Systeme werden hier die Bezeichnungen „*Student Catalogue*“ und „*Teachers Catalogue*“ eingeführt.

6.4 Methoden zur rechnergestützten Lehr- und Wissensorganisation

In diesem Abschnitt wird eine konkrete Anwendung der in den Kapiteln 2 und 4 aufgearbeiteten Methoden und Werkzeuge entwickelt. Begonnen wird mit der Definition einfacher Sprechakte für den Bereich des Lehrens. Es folgt eine Definition von Mustern zur Lehr- und Wissensorganisation. Anschließend werden diese Muster weiter zu Moduln spezifiziert und für ein flexibles Verhalten erweitert. Damit ist die Adaptivität der Funktionssicht sichergestellt. In einem weiteren Schritt erfolgt nun die Erläuterung der Datensicht. Es schließt sich die Beschreibung der Ablaufsteuerung an. Abschließend wird dargestellt, wie informelle Aspekte des Lehr- und Wissensmanagements berücksichtigt werden können.

6.4.1 Sprechakte zur Lehr- und Wissensorganisation

Sprechakte zur Lehr- und Wissensorganisation sollen eine erste abstrakte Beschreibung des Modellraumes vornehmen. Die Gliederung in Kategorien soll die Übertragung der Sprechakte in Musterdefinitionen erleichtern. Die Kategorien dienen der Unterscheidung in Meta-Strukturen, Lehr-Lerninhalte, Lehr-Lernformen und Lehr-Lernabläufe. Die Elemente der Kategorie Strukturmuster sind so gewählt, dass sie die Modellierung der verschiedenen Lehr-Lernformen abbilden können.

Sprechakte der Median-Ebene sind Spezialisierungen der Sprechakte der Makro-Ebene und sollen in Musterbeschreibungen umgesetzt werden.

Sprechakte der Mikro-Ebene stellen spezielle Ausprägungen eines Musters dar. Auf dieser Stufe werden die Muster in einem weiteren Schritt in Moduln umgewandelt, indem der Musterbeschreibung eine modulare Erweiterung angefügt wird (vgl. dazu auch Tabelle 23).

Tabelle 22: Sprechakte der Mustersprache „Wissensmanagement“

ID	Name := Subjekt	Prädikat	Objekt
Kategorie STRUKTURMUSTER			
R_10	ABSTRAKTION	BILDET	ALLGEMEINE BEGRIFFE
L_10	STRUKTURMUSTER	BILDEN	LEHRINHALTE
L_101	Faktenwissen	wird repräsentiert	durch Präsentationsknoten
L_102	Anwendungswissen	aktiviert	Lösungsmethode
L_1021	Aufgaben	stabilisieren	Anwendungswissen
L_1022	Simulationen	veranschaulichen	Anwendungswissen
L_103	Handlungswissen	übermittelt	Lösungsstrategien
L_1031	Projektzentrierte Aufgabe	erarbeitet	Handlungswissen
L_104	Aggregat	stabilisiert	Handlungswissen
		vereinigt	atomare Bestandteile

LEGENDE: siehe folgende Seite

Tabelle 22 – Fortsetzung: Sprechakte der Mustersprache „Wissensmanagement“

ID	Name := Subjekt	Prädikat	Objekt
Kategorie LEHRFORMEN und –VERHALTEN			
R_12	FORMALISIERUNG	LIEFERT	WIDERSPRUCHSFREIHEIT
L_12	LEHRFORMEN	VERMITTELN	LEHRINHALTE
L_121	Darbietung / Reproduktion	erfolgt mit	Präsentationsknoten
L_122	Aktivierung / Anwendung	erfolgt durch	Beispiel, Aufgabe, Simulation
L_123	Erarbeitung/Problemlösung	erfolgt durch	Projekte
L_124	Vertiefung / Detaillierung	erfolgt durch	Lehrniveaus
Kategorie LEHRINHALTE			
R_11	DEKOMPOSITION	GLIEDERT	IN TEILBEREICHE
L_11	LEHRINHALTE	GLIEDERN Inhalte	DURCH STRUKTURMUSTER
L_111	Präsentationsknoten	aggregieren	atomare Bestandteile
L_1111	Texte	sind	atomarer Bestandteil
L_1112	Bilder	sind	atomarer Bestandteil
L_1113	Datenströme	sind	atomarer Bestandteil
L_112	Kurse	aggregieren	Klassen
L_1121	Klassen	aggregieren	Lehreinheiten
L_11211	Lehreinheiten	aggregieren	Präsentationsknoten
L_11212	Lehrniveaus	detaillieren/vertiefen	Lehreinheiten
L_113	Steuerungsknoten	definieren	Ablauf
L_114	Kontrollknoten	kontrollieren	Lernfortschritt
L_115	Klausuren	kontrollieren	Lernfortschritt - individuell
Kategorie LEHRABLAUF			
R_13	SYNTHESE	VERKNÜPFT	ZU EINEM GANZEN
L_13	LEHRABLAUF	VERKNÜPFT	LEHRFORMEN
L_131	Initiierung	ist	Beginn
L_132	Veranschaulichung	folgt	Initiierung
L_133	Übermittlung	folgt	Veranschaulichung
L_134	Stabilisierung	folgt	Übermittlung
L_135	Lernfortschrittskontrolle	erfolgt nach	Übermittlung
		erfolgt nach	Stabilisierung
L_136	Klausur	erfolgt nach	Kurs
		ist	Ende

LEGENDE:

R_xx	MAKRO-EBENE	nur Sprechakte
L_xxy	Median-Ebene	Sprechakte werden in Muster überführt
L_xxyz..	Mikro-Ebene	Sprechakte werden in Muster und diese in Moduln überführt
	R:= Root-Objekt-ID	Ö:= Öko-Objekt-ID (materielle Ressourcen)
		K:= Konstruktions-Objekt-ID (Kooperationsräume)
		L:= Lehr-Objekt-ID (immaterielle Ressourcen)

6.4.1.1 Abgrenzung

Sprechakte zur Lehr- und Wissensorganisation liefern eine Meta-Beschreibung. Eine Instantiierung ist nicht möglich. Erst innerhalb der Median- und der Mikro-Ebene wird es möglich Muster und Moduln zu instantiieren, d.h. diese mit konkreten Inhalten zu belegen.

6.4.2 Muster zur Lehr- und Wissensorganisation

In diesem Abschnitt erfolgt die Erarbeitung eines ersten Vorschlages einer Mustersprache zur Lehrgestaltung und zum Wissensmanagement.

Als ersten Schritt zur Musterdefinition ist es nötig, deren Inhalt festzulegen. Dazu erfolgt eine Analyse der bekannten Musterinhalte in Architektur und Informatik sowie einigen allgemeinen Aspekten von Sprache gemäß den Ausführungen in Abschnitt 2.2. Ausgehend von dieser Analyse werden Attribute zur Beschreibung eines Musters zusammengestellt. Im linken Teil (Spalten 1 bis 4) der Tabelle 23 werden die Strukturbeschreibungen von Alexander, Buschmann und Gamma gegenübergestellt. Im rechten Teil (Spalten 5 und 6) erfolgt die Darstellung der eigenen Muster-Strukturdefinition zum Lehr- und Wissensmanagement.

Im ID-Teil wurden als Attribute ein eindeutiger Bezeichner (ID), eine Typ-Bezeichnung sowie die Auflistung der zugehörigen untergeordneten Muster neu eingeführt. Bilder und ein Beispiel wurden hingegen aus dem ID-Teil entfernt, da sie nach Meinung des Autors wenig zur Identifikation beitragen. Über die ID ist es möglich, dass alle Muster besser ansprechbar werden, auch wenn sich Namensbezeichnungen wiederholen. Namensdopplungen können durchaus möglich sein, wenn Muster für die Beschreibung in unterschiedlichen Teilgebieten genutzt werden sollen und sprechende Namen benutzt werden. Die Typ-Bezeichnung ermöglicht die Zuordnung des Einsatz- bzw. Anwendungsbereiches. Die Verwaltung beider Beziehungen, nämlich sowohl die Zugehörigkeit zu übergeordneten Mustern als auch die Zuordnung untergeordneter Muster erleichtert die Lesbarkeit, insbesondere von Metabeschreibungen. Der Bezug zu Mustern der gleichen Hierarchiestufe ist im Lösungsteil angeordnet.

Die als Statusabschnitt eingeführten Attribute Vorbedingung und (Lehr)ziel beschreiben den Ausgangszustand bei Beginn der Musterabarbeitung und den gewünschten Endzustand nachdem das Muster abgearbeitet wurde. Auf die gesonderte Beschreibung von Varianten (möglichen Ausprägungen) wird verzichtet.

Die Anzahl der Attribute im Lösungsteil wurde reduziert. Allgemeingültige Angaben sind weiterhin im Lösungsteil enthalten. Die Angaben zu Akteuren sind hervorgehoben. Angaben zu einer spezifischen Umsetzung (Implementierung) sind Bestandteil der sogenannten modularen Erweiterung. Diese wird später noch zu erläutern sein.

Teil Verfasser	Alexander	Buschmann	Gamma
Gebiet	Architektur	Informatik	Informatik
1	2	3	4
ID-Teil		Name	Name
		auch bekannt als	also known
	Bild zur Beispieldokumentation	Beispiel zur Praxis	
	Bezug zu übergeordn. Mustern		
Problem- abschnitt	Charakterisierung	Problembeschreibung	Intent
	Inhalt & empirischer	Kontext	Motivation
	Ausprägungen des Musters	Varianten	
		Anwendungen	Applicability
	Nachweis der Gültigkeit		
Lösungsteil	Lösungsformel	Grundsätzliche Lösung	Structure
	Grafische Darstellung	Detaillierte Lösung (einschl.	Participants
		Dynamische Lösungs-Aspekte	Collaborations
		Vor- und Nachteile	Consequences
		Beziehungen	Related Patterns
		Anwendungsbeispiel	Known Uses
		Anwendungsbeispiel	Implementation

HINWEIS: Kursivschreibung entspricht neuen Kategorien

Menzel	Teil Verfasser
Wissensmanagement	Gebiet
5	6
ID	ID - Teil
Name	
<i>Typ</i>	
Ist-Teil-Von	
<i>Aggregiert</i>	
Problem	Problem- abschnitt
Kontext	
<i>Vorbedingung</i>	Status- abschnitt
<i>Lehrziel</i>	
Lösungsvorschlag	Lösungsteil
<i>Anti-Patterns</i>	
<i>Verbunden-mit</i>	
<i>Projekte</i>	
<i>Ausführende</i>	
<i>Teilnehmer</i>	Akteure
<i>Test-Fragen</i>	
<i>Eigenes Material</i>	
<i>Weitere Quellen</i>	Modulare Erweiterung

Tabelle 23: Musterdefinitionen nach Autoren – Einordnung „Lehr- und Wissensmanagement“

Tabelle 24: Übersicht der Elemente der Mustersprache „Wissensmanagement“

ID	übergeo. Muster	Muster gleicher Ebene	Muster NAME	KOMMENTAR
1	2	3	4	5
Kategorie: STRUKTURMUSTER				
L_101	L_10	L_102 bis L_103	Faktenwissen	repräsentiert in PR-N
L_102	L_10	L_101, L_103	Anwendungswissen	aktiviert Lösungsmethode
L_1021	L_102		Aufgabe	stabilisiert Anwendungswissen
L_1022	L_102		Simulation	veranschaulicht Anw.- wissen
				stabilisieren Anwendungswissen
L_103	L_10	L_101 bis L_102	Handlungswissen	übermittelt Lösungsstrategien
L_1031	L_103		Projektzentrierte Aufgabe	erarbeitet Handlungswissen
				stabilisiert Handlungswissen
L_104	L_10	L_111	Aggregat	vereinigt atomare Bestandteile
Kategorie: LEHRFORMEN und -VERHALTEN				
L_121	L_12	L_122 bis L_124	Darbietung/Reproduktion	mit Präsentationsknoten
L_122	L_12	L_121, 123, 124	Aktivierung/Anwendung	durch Beisp., Aufg., Simulation
L_123	L_12	L_121, 122, 124	Erarbeitung/Problemlösung	durch Projekte
L_124	L_12	L_121 bis L_123	Vertiefung/Detaillierung	durch Lehrniveaus
Kategorie: LEHRINHALTE				
L_111	L_11	L_104	Präsentationsknoten	aggregiert atomare Bestandteile
L_1111	L_111	L_1112 bis 1113	Text	ist atomarer Bestandteil
L_1112	L_111	L_1111, 1113	Bild	ist atomarer Bestandteil
L_1113	L_111	L_1111 bis 1112	Datenstrom	ist atomarer Bestandteil
L_112	L_11		Course-Unit (Kurse)	aggregiert Klassen (CL-U)
L_1121	L_112		Class-Unit (Klassen)	aggregiert Lehreinheiten (TE-U)
L_11211	L_1121	L_11212	Teaching-Unit (Lehreinheit)	aggregiert Präs.-knoten (PR-N)
L_11212	L_1121	L_11211	Lehrniveau	detailliert, vertieft Lehreinheit
L_113	L_11	L_114	ControlNode (Steuerung)	definiert Ablauf
L_114	L_11	L_113	SupervisionNode (Kontrolle)	kontrolliert Lernfortschritt (LF)
L_115	L_11	L_136	Klausur	kontrolliert LF - individuell
Kategorie LEHRABLAUF				
L_131	L_13	L_132 bis L_135	Initiierung	ist Beginn
L_132	L_13	L_131, 133 - 135	Veranschaulichung	folgt Initiierung
L_133	L_13	131,132,134,135	Übermittlung	folgt Veranschaulichung
L_134	L_13	L_131-133; 135	Stabilisierung	folgt Übermittlung
L_135	L_13	L_131 bis L_134	Lernfortschrittskontrolle	nach Übermittlung
				nach Stabilisierung
				nach Aufgaben
L_136	L_13	L_112, L_115	Klausur	nach Kurs
				ist Ende

6.4.2.1 Kurzes Beispiel

Im folgenden Abschnitt sind exemplarisch einige Musterdefinitionen für Meta-Muster aus Tabelle 24 zusammengestellt. Dabei werden Muster zur Übermittlung von Faktenwissen in einer Vorlesung (Class Unit – CL-U) als Beispiel gewählt.

ID	L_101
Name	Faktenwissen
Typ	Strukturmuster
Ist Teil von	---
Aggregiert	L_121
Problem	Es ist Faktenwissen zu vermitteln.
Kontext	Faktenwissen kann sich der Lernende bereits in darbietenden Lehrformen aneignen. Darbietende Lehre kann als Präsenzlehre oder als multimedial aufbereitete Form der Fernlehre erfolgen.
Vorbedingung	Entfällt
Lehrziel	Erwerb von Faktenwissen
Lösungsvorschlag	Definiere eine Sequenz von Präsentationsknoten. Die Gesamtvortragsdauer der Sequenz sollte 15 Minuten nicht übersteigen. Überprüfe durch Test-Fragen, ob der Lehrinhalt übermittelt wurde. Ergänze u.U. Beispiele in Form von Bildern, Experimenten oder Simulationen.
Anti-Patterns	Noch nicht verfügbar
Verbunden mit	L_102, L_103, L_121, L_113, L_114, L_132, L_133
Projekte	Entfällt

ID	L_121
Name	Präsentationsknoten (PR-N)
Typ	Lehrinhalt
Ist Teil von	L_101, L_11211, L_11212
Aggregiert	L_1111, L1112, L_1113
Problem	Die atomaren Bestandteile (Text, Bild, [Video, Audio]) zur Vermittlung von Fakten- und Anwendungswissen sind zusammenzufassen.
Kontext	Um die verschiedenen Materialien zu Fern- und Präsenzlehre gezielt zusammenstellen zu können, bedarf es eines (virtuellen) Elements. In der Präsentationseinheit werden Texte (z.B. Skript), Bilder (z.B. Folie) und Bild-Tonsequenzen (z.B. für die moderne Fernlehre im Web oder als „Initiierung“ in der Präsenzlehre) zusammengefasst.
Vorbedingung	Die Erfassung muss in den entsprechenden Kategorien erfolgen. Es bedarf der Erarbeitung eines ID-Schlüsselsystems.
Lehrziel	Physikalische Einheiten können im Wissensmanagementsystem zu virtuellen Einheiten zusammengefasst werden
Lösungsvorschlag	Stelle die vorhandenen Materialien zusammen, digitalisiere diese und verbinde diese atomaren, digitalen Einheiten in geeigneter Form. Dies kann z.B. statisch in einer HTML-basierten Web-Seite oder dynamisch über eine Datenbank geschehen.
Anti-Patterns	Noch nicht verfügbar
Verbunden mit	L_113, L_114, L_131, L_132, L_133,
Projekte	Keine

ID	L_1121
Name	Class-Unit (CL-U, Klasse)
Typ	Lehrinhalte
Ist Teil von	L_112
Aggregiert	L_11211, L_11212
Problem	Unterrichtseinheiten sind entsprechend aus Lehreinheiten zusammenzustellen
Kontext	Eine Unterrichtseinheit ist zu gliedern in Lehreinheiten. Die Länge einer Lehreinheit entspricht der Aufmerksamkeitsdauer eines Erwachsenen (ca. 15 Minuten).
Vorbedingung	Lehreinheiten sind zusammengestellt
Lehrziel	Entfällt
Lösungsvorschlag	Kombiniere die Lehreinheiten so, dass das Lehrziel erreicht wird.
Anti-Patterns	Noch nicht verfügbar
Verbunden mit	L_111, L_113, L_114, L_135
Projekte	Entfällt

6.4.3 Modularität: Ein Software-Engineering Prinzip zum personalisierten Arbeiten

In einem nächsten Schritt, erfolgt die Zusammenstellung der Merkmale zur Definition eines Elementes zur Beschreibung der Mustersprache „Wissensmanagement“ (vergleiche Tabelle 23, Spalte 5). Die Besonderheit hier ist, dass die Musterdefinition problemlos um die Beschreibung eines konkret zu implementierenden Lösungsansatzes erweiterbar ist – der sogenannten modularen Erweiterung. Durch Ergänzung der konkreten Spezifikationen wird aus einer Musterdefinition eine konkret implementierbare Moduldefinition. Die Musterdefinitionen werden nun instantiiert, d.h. mit konkretem Wissen im Kontext der universitären Lehre gefüllt.

Teil	Inhalt	Kommentar
ID	SUE_ii_02	2. Saalübung
Name	Modellierungssprachen	
Typ	Class-Unit	Lehreinheit 90 min.
Ist Teil von	VL-InfSys	Kurs „Informationssysteme“
Aggregiert	VL_ii_21, VL_ooa_01, VL_ooa_02, VL_uml_01, VL_uml_02	Einführungsmodul 2 Moduln Objektorientierte Analyse 2 Moduln UML
Problem	Es sind Modellierungssprachen zu vermitteln	
Kontext	Darbietung	
Vorbedingung	VL_ii_02	Vorlesung zum Thema
Lehrziel	Die Modellierungssprachen sollen sicher benutzt werden können.	
Lösungsvorschlag		
Anti-Patterns	Noch nicht verfügbar	
Verbunden mit		
Projekte	Keine	
Test-Fragen	SCN_SUE_ii_02	Kontrollknoten zur Einheit
Eigenes Material	Skript Kapitel sss, Video	Skript Kapitel
Weitere Quellen	[1] Coad, Yourdon, [3] Fowler, [4] Jacobson, [7] Rumbaugh	Literatur (hier Verfasser)
Ausführende	Prof. xxx, Assistent yyy	Lehrende
Teilnehmer	Imm.- Jahrgang 1998	Studierende

Abbildung 79 zeigt die grafische Repräsentation einer Instanz des oben angegebenen Musters „Class-Unit“ (hier SUE_ii_02) und seine modularen Erweiterungen wie es von Lehrenden benutzt wird. Im konkreten Fall handelt es sich um das Muster zu einer Saalübung zum Thema Modellierungssprachen. In der Fußzeile sind ID und Name angegeben. Enthalten sind in der Darstellung die differenzierenden Teilmuster (Teaching-Units) der Lehreinheit „Saalübung“ (Class-Unit). Mit Pfeilen angetragen sind die modularen Erweiterungen des Musters: eigenes Material (unten) und weitere Quellen (oben).

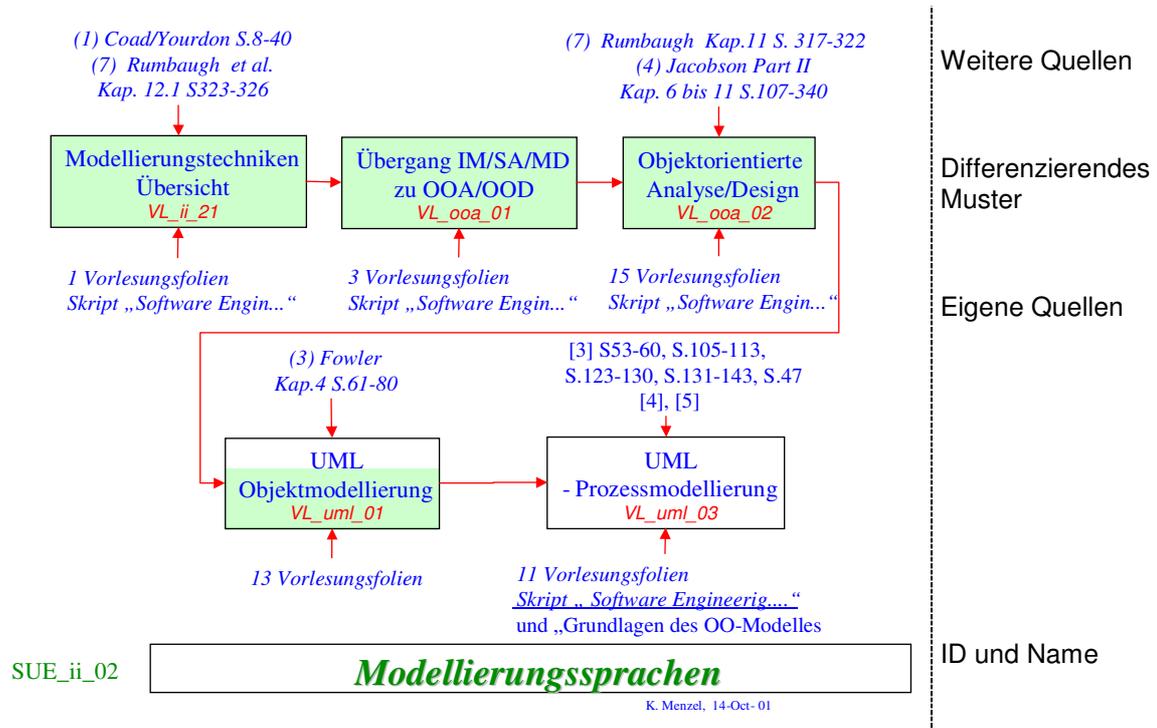


Abbildung 79: Grafische Darstellung eines Musters mit modularen Erweiterungen in IDEF-Notation

Entsprechend den Vorgaben der IDEF-Notation sind hier auch die Beziehungen zwischen den differenzierenden Mustern „Lehreinheit“ (TE-U) als Sequenz dargestellt.

6.4.4 Data Warehouses: Multi-Dimensional Access Record

Im folgenden Abschnitt wird ein konzeptioneller Entwurf zur Präsentation von Lehrinhalten, wiederum basierend auf der Data Warehouse Technologie, entwickelt. Im Unterschied zu der im Abschnitt 4.4.4 (Ergebnisdarstellung und Verwaltung von Ökobilanzen) dargestellten Nutzung von Data Warehouses erfolgt hier jedoch in den meisten Fällen nicht die Aggregation von Einzelwerten bzw. numerischen Attributen, sondern von komplexen Datentypen, wie z.B. Datumsangaben oder Tupeln verschiedener Dokumenten (Präsentationsknoten) sowie interaktive Übungsaufgaben mit (personenbezogenen) Ergebnissen. Diese komplexen Datentypen können

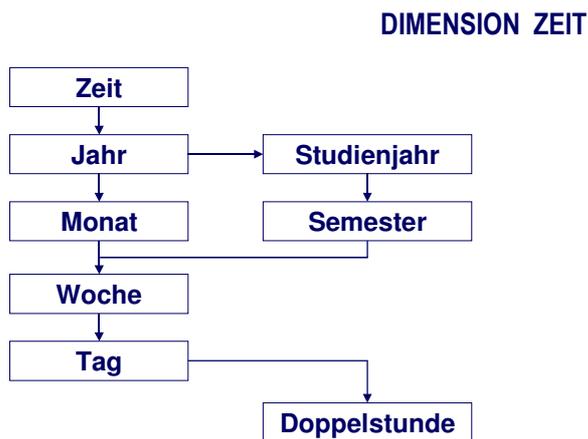


Abbildung 80: Hierarchie der Dimension „Zeit“

DIMENSION des LEHRENDEN : KURSE

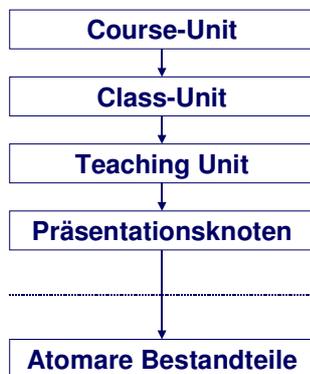


Abbildung 81: Dimension „Lehrinhalte“

nur noch bedingt nach der Mengentheorie bzw. den Grundsätzen der mehrdimensionalen Datenverwaltung aggregiert bzw. manipuliert werden. Bei Operationen auf diesen Datentypen ist streng nach inhomogenen Inhalten und homogenen Meta-Beschreibungen zu unterscheiden. Meta-Daten lassen sich aufgrund ihrer Homogenität nachvollziehbar zusammenfassen. Abbildung 80 zeigt den einfachen Fall des speziellen Datentyps zur Beschreibung der Dimension Zeit. Einzige Besonderheit ist hier die Einführung der charakteristischen Zeitdimensionen für die universitäre Lehre.

Abbildung 81 zeigt die lineare Aggregation innerhalb der Dimension „Lehrinhalte“. Hier kann zur Darstellung der Aggregation nur die Auswertung der, vorher vollständig eingegebenen, Meta-Daten erfolgen. D.h. es erfolgt keine Aggregationsoperation im Data Warehouse, sondern nur die Darstellung des entsprechenden Datensatzes der Meta-Informationen zum jeweiligen zugehörigen Element.

ORGANISATIONSEINHEIT

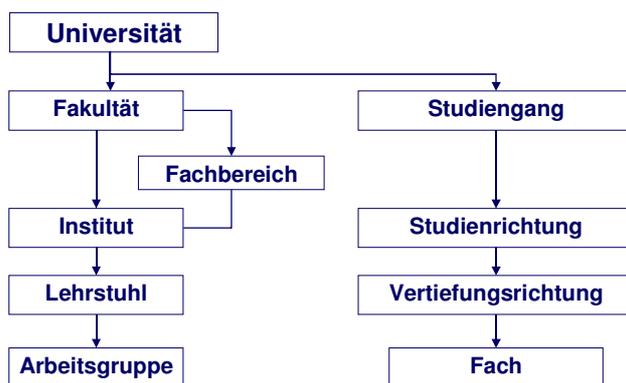


Abbildung 82: Dimension „Lehre – Organisation“

AKTEURE

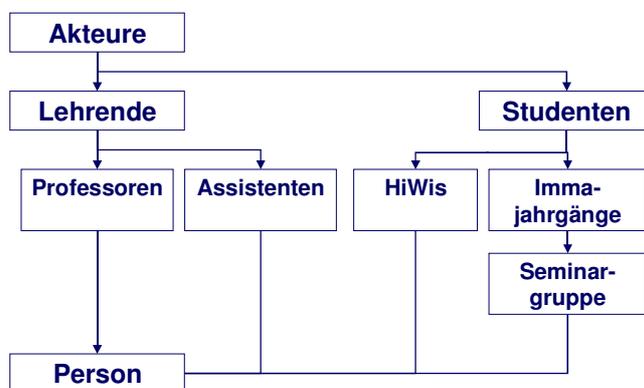


Abbildung 83: Dimension „Lehr-Akteure“

DIMENSION LERNFORTSCHRITT

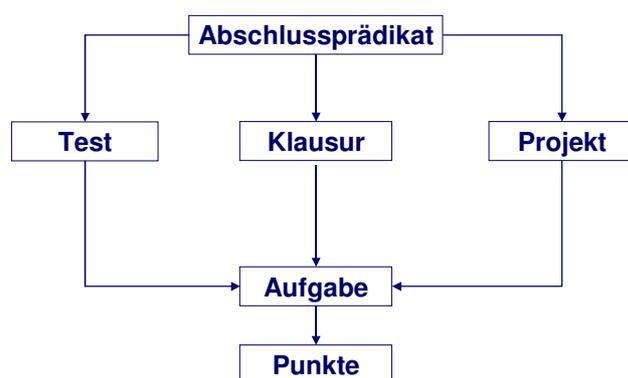


Abbildung 84: Dimension „Lernfortschritt“

Abbildung 82 gibt nun den Fall einer verzweigten, inhomogenen Dimensionsstruktur an. Einige der beschreibenden Attribute sind aggregierbar, so z.B. die Studentenzahlen in einem Studiengang, die Zahl der Mitarbeiter, Curricularwerte, die gezahlten Bezüge usw.

Die Aggregation von Informationen zu einem Studiengang im Sinne eines Informationssystems hingegen sind nicht oder nur sehr schwer mit Data Warehouse Operationen zusammenzufassen.

Die in Abbildung 83 dargestellte Dimensionshierarchie enthält nun den interessanten Sonderfall, dass sich die Gruppe der Hilfsassistenten (Hiwi) in zwei Hierarchien einordnen lässt, nämlich in die Gruppe der Lehrenden (in der Rolle des Tutors) und in die Gruppe der Studenten (in der Rolle Bezügeempfänger an der Universität).

Abbildung 84 stellt auf den ersten Blick eine einfach aggregierbare Hierarchie dar, da die zu den jeweiligen Tests, Klausuren und Projekten gehörigen Punkte als numerische Werte aufsummierbar sind.

Dies ist jedoch nicht der Fall, da zur Bewertung der Gesamtpunktzahl eine Umwandlung der numerischen Werte in verbal beschreibbare Noten bzw. Prädikate nach vorgegebenen Regeln erfolgt. Beispielsweise kann der Bereich 100% bis 96% der möglichen Gesamtpunktzahl in die Note 1,3 mit dem Prädikat „sehr gut“ aggregiert werden. Bei der Aggregation ist zusätzlich zu beachten, dass die Anteile einzelner Aufgaben, Tests oder Klausuren unterschiedlich gewichtet in die Aggregation eingehen können.

6.4.4.1 Zusammenhang Datenmanagement und Darstellung

Data Warehouses ermöglichen es, die verschiedensten Dimensionen, die zur Präsentation von Lehr-Lerninhalten auftreten können, effizient zu verwalten. Das Vorhalten tatsächlich aggregierter Werte ist eine Voraussetzung für eine grafisch ansprechende Ergebnisdarstellung. Die Auflösung des Paradigmas klassischer Datenbanken, dass Werte nicht redundant gespeichert werden sollten und berechenbare Werte stets (bei Anfrage) neu berechnet werden, führt zu dem Vorteil, dass von grafischen Oberflächen direkt bereits vorab berechnete Werte abgefragt werden können. Damit erfolgt einerseits die Verlagerung der Rechenleistung in den leistungsstarken „Back-office“ Bereich und auf diesem wiederum in die weniger nutzungsintensiven Zeiten. Es erfolgt die Übertragung der bereits aggregierten und wirklich angeforderten Informationsinhalte.

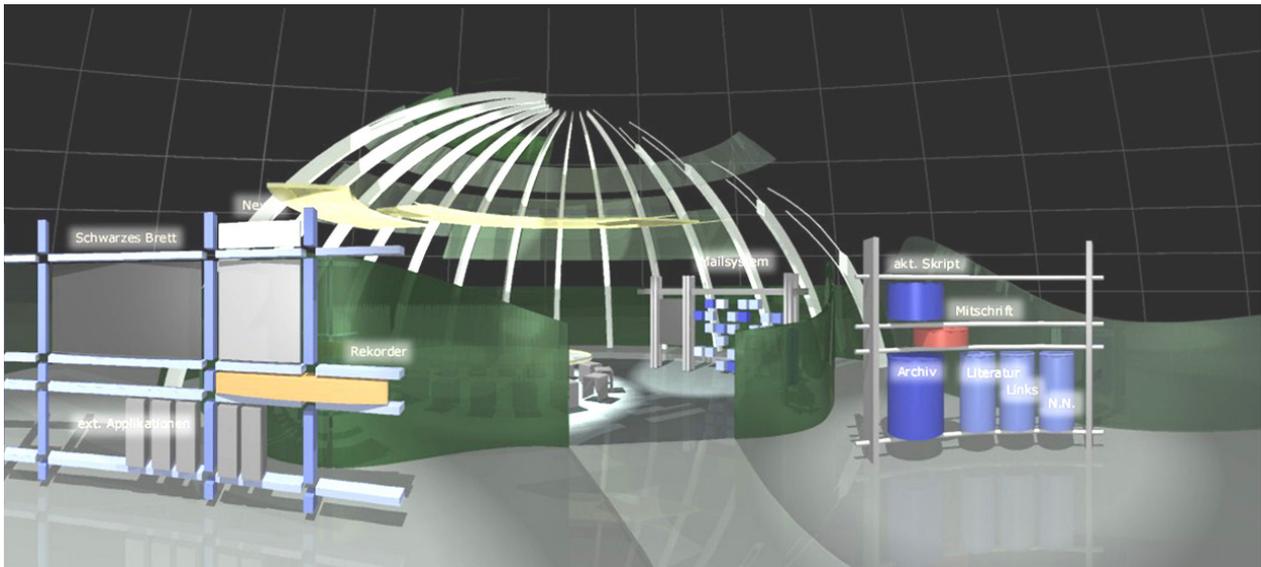


Abbildung 85: Grafische Oberfläche zum Thema Virtuelle Universität in „Raummetapher“
(entnommen aus [139]: Eisenreich)

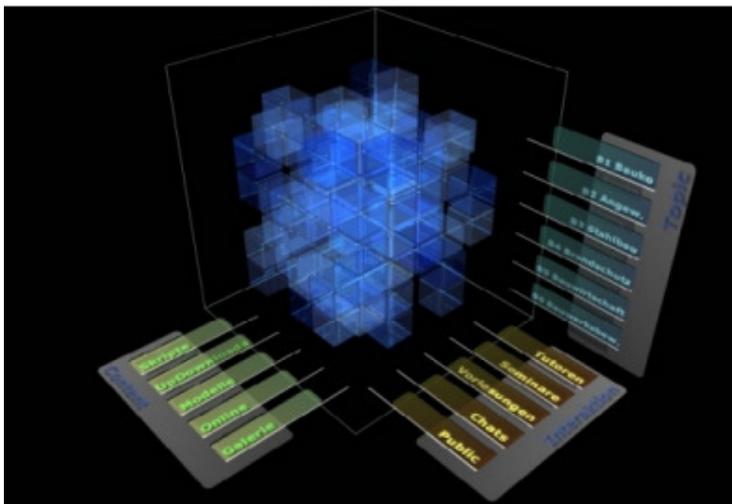


Abbildung 86: Navigation mit „Cuboids“
(entnommen aus [139]: Eisenreich)

Die Rechenleistung des „Front-End“ kann ausschließlich für die Darstellung der grafischen Oberfläche genutzt werden. Abbildung 85 vermittelt anschaulich, welche Rechenleistung nötig ist, wenn auf dem „Front-End“ dreidimensionale grafische Oberflächen in Form von Raummetaphern eingesetzt werden.

Abbildung 86 zeigt eine dem Data Warehouse Ansatz sehr nahe kommende grafische Repräsentation in Form von „Cuboids“, die in einem 3D-Raum angeordnet sind.

6.4.5 Workflow Management: Ablaufsteuerung in der Lehre

Geschäftsprozessmodelle (vgl. Abschnitt 2.5 und Workflows vgl. Kapitel 3) können natürlich auch zur Modellierung und Beschreibung von Lehr-Lernszenarien benutzt werden. Der folgende Abschnitt soll dies kurz beispielhaft darstellen, ohne jedoch Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben.

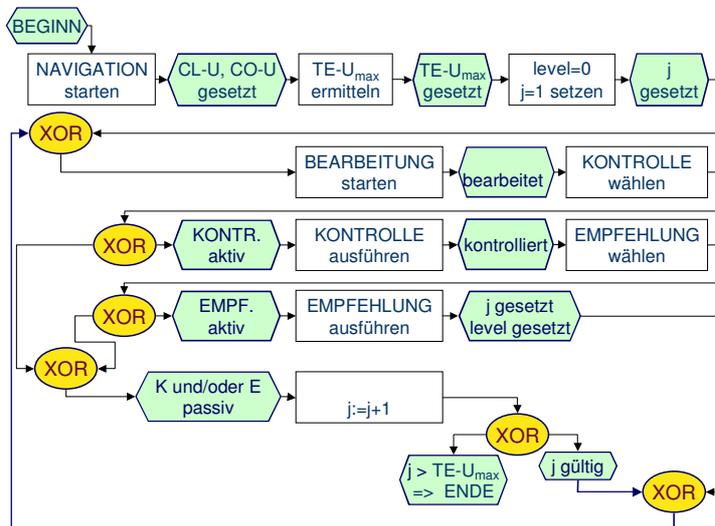


Abbildung 87: Ablauf Bearbeitung Vorlesungsinhalte

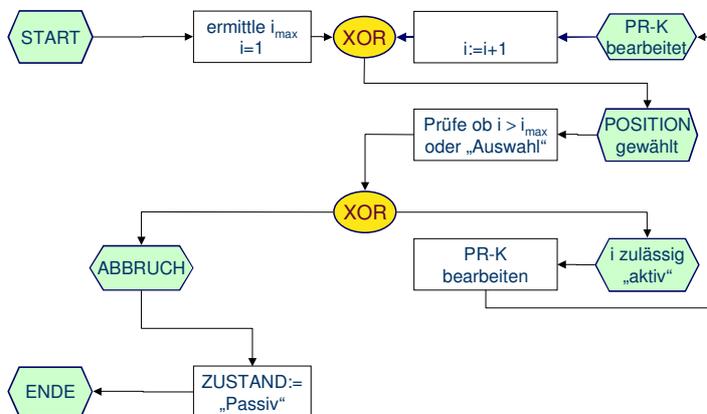


Abbildung 88: Ablauf Bearbeitung Präsentationsknoten

anfordern. Im Falle einer individuellen Bearbeitung ohne Kontrolle und / oder Empfehlung wird die nächste mögliche Teaching Unit (TE-U) gewählt. Ist diese erreicht, wird die Bearbeitung abgebrochen.

Abbildung 87 stellt einen Ablaufplan zur Bearbeitung eines Kurses in der ARIS-Notation dar, d.h. er korrespondiert mit der Data Warehouse Dimension „Lehrinhalte“ (vgl. Abbildung 81) und mit der Dimension „Lernfortschritt“ (vgl. Abbildung 84).

Die erste Zeile stellt in verkürzter Form die Navigation innerhalb der Lehreinheit dar. Die Navigation erfolgt auf dem Lehrniveau „level=0“, d.h. es wird nur unmittelbar im Lehrpfad navigiert und nicht in einen Pfad zur Wissensauffrischung („level“ < 0) oder zur vertieften Wissensaneignung („level“ > 0) verzweigt wird.

Innerhalb der Aktivität „Bearbeitung starten“ erfolgt die Verzweigung in den Zyklus „Bearbeitung Präsentationsknoten“ (vgl. Abbildung 88). Am Ende der Zeile 2 in Abbildung 87 ermöglicht die Aktivierung eines Moduls zur Lernfortschrittskontrolle. Nach Abschluss dieser Lernfortschrittskontrolle kann der Nutzer zusätzlich noch eine Empfehlung zum weiteren Vorgehen

6.4.6 CSCW: Kommunikation und Kooperationsformen

An Hand der grafischen Nutzeroberfläche einer internationalen, interdisziplinären Lehr- und Forschungsk Kooperation zwischen dem Center for Building Performance and Diagnostics der Carnegie Mellon University, Pittsburgh und dem Institut für Computeranwendung im Bauingenieurwesen der TU Braunschweig, die der Autor zwischen 1997 und 2000 koordiniert und initiiert hat, soll abschließend dargestellt werden, wie die oben beschriebenen Muster zum Wissensmanagement Nutzern, also Lernenden, in einer sehr einfachen Form entgegenzutreten können. Außerdem wird dargestellt, wie in dieser sehr einfach gestalteten Oberfläche der Zugang zu den verschiedenen Werkzeugen des Workflow Managements und des CSCW erfolgen kann.

Gegenstand der Kurse war die projektzentrierte Bearbeitung einer komplexen Entwurfsaufgabe. Architekturstudenten der CMU Pittsburgh, Bauingenieurstudenten der TU Braunschweig sowie Studenten und Mitarbeiter weiterer Einrichtungen hatten die Aufgabe, den Entwurf eines Bauwerkes komplett zu entwickeln. Im Studienjahr 1997/98 war dies der Entwurf eines Preview-Centers für die Expo 2000, im Studienjahr 1998/99 der Entwurf für das Gebäude einer Marketing Akademie eines Automobilkonzerns und im Studienjahr 1999/2000 war es der Entwurf eines Teleteaching- und Simulationsraumes, dem sogenannten **Scene-Lab**, an der TU Braunschweig (vgl. Abschnitt 5.4, auch [141] bis [144]).

Die in Abbildung 89 dargestellte Oberfläche der „Lehr-Lernumgebung“ beinhaltet die Komponenten:

Oberfläche	IuK-Komponente
Allgemeine Informationen	Ablaufplan, Workflow-Management
Kursinformation und Literatur	Dokumentenmanagement (und Autoreninformation)
Information und Kommunikation der Gruppen	Groupware Werkzeuge zum CSCW (informelle, ad-hoc Kooperation Teaminformation)
Projekt	Projektdokumentation in Form von Produkt- und Prozessdokumentation

6.4.6.1 Ablaufplan und Workflow-Management

Der Teil „Allgemeine Informationen“ enthält eine im Verlauf der Kurse erarbeitete Kursübersicht auf Basis der IDEF-Notation (vgl. Abbildung 79) in den Stufen Class-Unit (Vorlesungsübersicht) und Course-Unit (Dokumentation der einzelnen Vorlesungen/Übungen) sowie die zugehörigen Musterbeschreibungen (vgl. 6.4.2.1). Damit war die Vorlesungsgliederung nicht nur für die teilnehmenden Studierenden transparent, sondern auch für die per Videokonferenz übertragenen Gastvorlesungen eingeladenen Lehrenden der TU München, der Bauhaus Universität Weimar, der ETH Zürich, der CMU Pittsburgh sowie der TU Braunschweig.

Der Teil „Kursinformation und Literatur“ enthält Informationen zu den Lehrenden, Lehrunterlagen sowie einen Link zum an der ETH Zürich entwickelten Team- und Dokumentenmanagementsystem ICCS zur Verwaltung der erarbeiteten Projektunterlagen.

Der Teil „Information und Kommunikation der Gruppen“ enthält einen Link zu Web-Seiten, auf denen sich die Bearbeitergruppen vorstellen, einen Link zu News-Gruppen sowohl für jede einzelnen Bearbeitergruppe (Team Blackboard) als auch für alle am Projekt teilnehmenden Gruppen (Inter-Group-Blackboard). Ein Videokonferenzsystem stand den Teilnehmern am Projektkurs zusätzlich zur Verfügung. Der Zugriff auf diese Software erfolgt jedoch nicht über die Web-Seite.

Der Teil „Projekt“ beinhaltete den Projektstand an festgelegten Meilensteinen innerhalb des Projektes. Meilensteine waren festgelegt zum: Projektbeginn (Semesterbeginn in Pittsburgh-USA), Übergabe der Unterlagen von Pittsburgh nach Braunschweig (Semesterbeginn Deutschland), Final-Review (Semesterabschluss USA), Abschlussbericht (Semesterabschluss Deutschland).

ELEMENTE der grafischen Oberfläche

MUSTER

Aktivieren/

Initiieren:

Anforderungen,
Gesamtaufgabe

Darbieiten/

Übermitteln

Skripte

Darbieiten/

Veranschaulichen:

Beispieltexte
und –projekte

Erarbeiten/

Stabilisierung:

Gruppenaufgabe

Abbildung 89: Grafische Oberfläche einer Lehr-Lernumgebung 1998/1999

Natürlich kann die Beschreibung der Inhalte auch über die in Abschnitt 6.4.2 entwickelten „Lehrmuster“ erfolgen. In rechten Teil der Abbildung 89 erfolgt beispielhaft die Zuordnung von ausgewählten Mustern zu konkreten Elementen der Lernumgebung.

7 Epilog

7.1 Notwendigkeit der Methodik

Ressourcenmanagement im Bauwesen stellt heute eine komplexe Aufgabe dar. Um den Anforderungen an nachhaltiges Wirtschaften gerecht werden zu können, ist es nicht mehr möglich, nur einzelne Aspekte eines Bauwerkslebenszyklus zu betrachten. Neue wirtschaftliche Rahmenbedingungen ändern die Anforderungen an gebaute Umwelt. Drei Faktoren werden nachhaltiges Wirtschaften in den nächsten Dekaden maßgeblich beeinflussen:

- der Mensch als Akteur in neuen Organisations- und Managementformen
- die Umwelt und die Art wie wir sie bewirtschaften
- das Wissen sowie die Methoden und Technologien zu seiner Nutzung

Alle drei Faktoren bedingen einander bzw. sind miteinander vernetzt.

Aktivitäten lassen sich nur in Abhängigkeit von verfügbarer Infrastruktur koordinieren. Neue Technologien ermöglichen neue Organisations- und Managementansätze. Das WWW ist eine fast uneingeschränkt verfügbare Wissensquelle. Mit der Verbreitung des Internet fanden Team- und Dokumentenmanagement - Applikationen eine weite Verbreitung. Videokonferenzsysteme und „*application sharing*“ ermöglichen die umfassende Kommunikation und Interaktion örtlich getrennt agierender Kooperationspartner. Damit können sich andere Management- und Organisationsformen herausbilden, wie z.B. sogenannte „Virtuelle Organisationen“ – Netzwerke kleiner und mittlerer Betriebe die Ressourcen gemeinsam nutzen. Die Nutzungsanforderungen an Bauwerke ändern sich. Sie übernehmen die Rolle von „access points“ für die IuK-Infrastruktur. Ihre Konzeption muss eine schnelle Adaptierbarkeit der Nutzungsszenarien zulassen, ohne den Zugriff auf die IuK - Infrastruktur einzuschränken.

Der Mensch kann die Umwelt nur entsprechend seinem Wissensstand bewirtschaften. Leider sind die o.g. Informations- und Kommunikationstechnologien nur für einen Teil der Weltbevölkerung nutzbar. In Afrika, Lateinamerika und Teilen Asiens sind Telefon, Internet und Computer nur sehr wenig verbreitet. Dies hat zwei Konsequenzen: Wissen zu neu entwickelten Technologien ist in diesen Erdteilen nur sehr eingeschränkt verfügbar, effiziente Management- und Organisationsformen sind nicht praktikierbar. Andersherum geht regionales Wissen verloren, das für nachhaltiges Wirtschaften dringend gebraucht wird, da es nicht elektronisch erfasst ist und damit bei Recherchen in digitalen Medien (scheinbar) nicht verfügbar ist. Gerade im Bereich des Bauwesens ist dies fatal, da zum ressourcensparenden Betreiben von Bauwerken gerade dieses regionale Know-How benötigt wird.

Der Mensch kann nur in Abhängigkeit von einer bestimmten Infrastruktur Wissen erwerben. Wissensinhalte werden sehr rasch und in großem Umfang neu entwickelt. Ihre Verbreitung, ihr Management und die Analyse von Wissensinhalten kann deshalb nur noch mit Mitteln der Datenverarbeitung effizient erfolgen. Neue Lehr-Lernformen setzen die Verfügbarkeit von adäquater Informations- und Kommunikationstechnik voraus. Projektbasierte, teamorientierte Lehr-Lernszenarien hängen in starkem Maße von IuK-Systemen ab. Gleiches gilt für das „Lebenslange Lernen“. Ins Berufsleben integrierte Qualifikationsphasen erfordern eine größere Mobilität des Lernenden als bisher. Die Lerninhalte sind entscheidender als der Ort des Lernens.

7.2 Zusammenfassung der Methodik

Es bedarf also eines methodischen Ansatzes zur formalen Beschreibung dieser komplexen Zusammenhänge. Gemäß den in Kapitel 6 vorgestellten Lehrprinzipien entwickeln wir nun ein Schemata, also abstrahierte Begrifflichkeiten und Zusammenhänge, um die Einordnung neuer Modelle und neuen Wissens in ein komplexes System zu erleichtern.

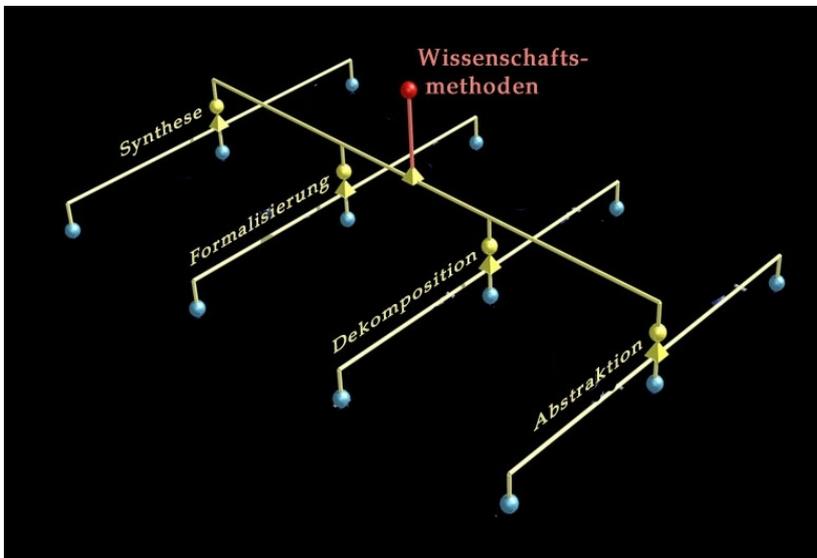


Abbildung 90: Schema der Makro-Ebene

Grundlage der Methodik zum Ressourcenmanagement im Bauwesen sind die vier Grundprinzipien des wissenschaftlichen Arbeitens: Abstraktion, Dekomposition, Formalisierung und Synthese. Sie definieren quasi die oberste oder die Makro-Ebene unseres Schemata. Im Schema werden sie durch eine Kugel dargestellt. Das Symbol der Kugel repräsentiert eine „lokale Welt“, also ein

System, das wiederum verfeinert oder detailliert beschrieben werden kann. Nicht alle Subsysteme müssen im Schema dargestellt werden. Sie können im inneren der Kugel verborgen sein; eine Analogie zum Prinzip der Kapselung im objektorientierten Programmierparadigma. Innerhalb der Makro-Ebene kann nun eine Verzweigung in verschiedene Anwendungsgebiete erfolgen, also eine Spezialisierung. Das Symbol für die Spezialisierung in der UML-Notation ist das Dreieck, also die Projektion der in unserem 3D-Schema benutzten Pyramide in eine Ebene.

Eine abstrakte Form der sprachlichen Beschreibung sind die Sprechakte. Derer wollen wir uns bedienen, um die Zusammenhänge und Aktivitäten in der Makroebene zu beschreiben.

Anders als bei Syntax und Semantik, die sich mit der Modellierung der Wortfolgen selbst beschäftigen, steht bei der Sprechakttheorie die Handlung, der Akt der Kommunikation im Mittelpunkt der Betrachtungen. Die Sprechakttheorie beschäftigt sich also hauptsächlich mit dem Verständnis der natürlichen Sprache. Die Aktivität der Kommunikation besteht aus einer Folge von Sprechakten. Jeder einzelne Sprechakt wiederum besteht aus einer wohl strukturierten Wortfolge. Wortfolgen können unterschiedlich lang und hierarchisch gegliedert sein (Satz, Abschnitt, Dokument). Diese Wortfolgen werden in der Sprechakttheorie auf ihre Bedeutung hin analysiert.

Syntax und Semantik unterstützen die Analyse, indem auf Grund der Wortstellung die Bedeutung schneller und eindeutiger untersucht werden kann. Sprechakte sind durch Syntagmatik und Paradigmatik adaptierbar. D.h. Elemente eines Sprechaktes können nach vorgeschriebenen Regeln ersetzt werden. Spezialisierung, Abstraktion und Dekomposition sind so beschreibbar.

In der Median-Ebene werden nun „tracks“, also Pfade zur differenzierten Beschreibung pro Anwendungsgebiet in unserem Schema eingeführt. Es erfolgt also eine weitere Spezialisierung.

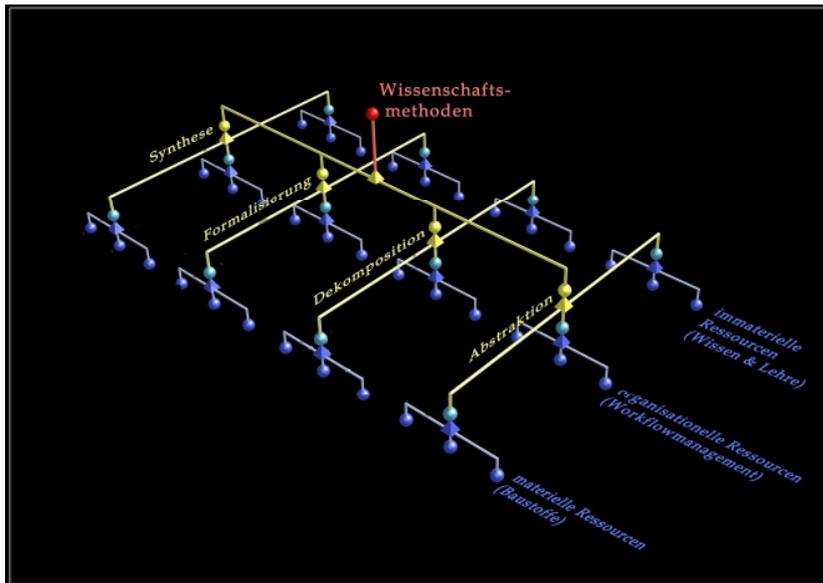


Abbildung 91: Schema der Median-Ebene

Die formale Beschreibung erfolgt in Form von Mustern. Muster geben nach dem in Kapitel 5, Tabelle xxx vorgenommenen Vergleich eine bestimmte Meta-Struktur zur Darstellung der Inhalte vor. In jedem Anwendungsgebiet lassen sich nun spezielle Muster entwickeln, die beschreiben, wie im jeweiligen Anwendungsgebiet abstrahiert, dekomponiert, formalisiert und synthetisiert werden soll.

Die Nutzung analoger Prinzipien sowie einer analogen Meta-Struktur für die Muster stellt ein Mindestmaß an Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen „tracks“ (bzw. Anwendungsgebieten) sicher.

Es können verschiedene Arten grafischer Notationen benutzt werden, so z.B. die in Kapitel 2 beschriebene Methode IDEF oder die im Bereich der Geschäftsprozessmodellierung benutzte Methode ARIS.

In einem dritten und (vorläufig) letztem Schritt wird nun die Mikro-Ebene eingeführt. In der

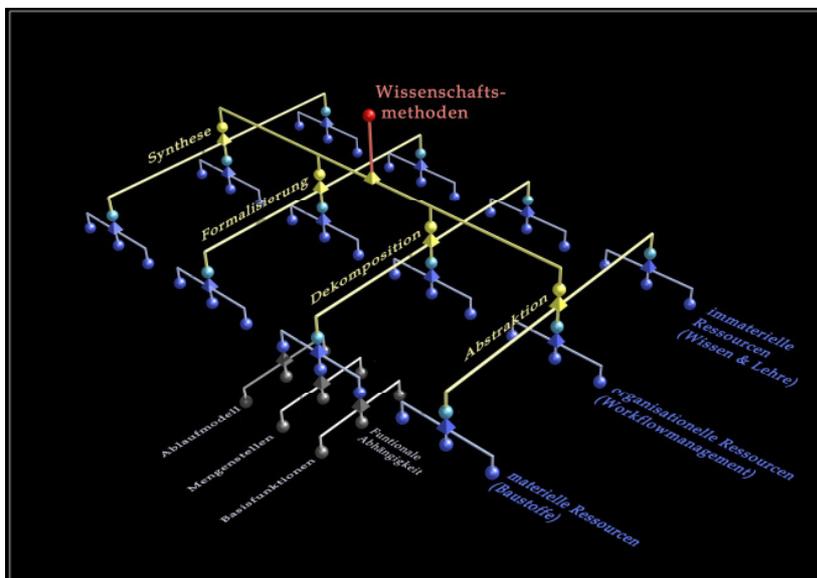


Abbildung 92: Schema der Median-Ebene

Mikro-Ebene werden die ursprünglich entworfenen Muster um eine sogenannte „modular extension“, eine modulare Erweiterung, ergänzt. D.h. es erfolgt nun nicht mehr nur die Beschreibung was getan werden soll und des Zusammenhangs mit anderen Aktivitäts-Mustern, sondern auch die Beschreibung wie dies konkret zu erfolgen hat.

7.3 Prozesse

Workflows – also formal beschreibbare Prozesse – lassen sich mit Hilfe der Sprechakttheorie gut beschreiben. Die mathematische Modellierung erfolgt nach den bekannten Regeln und Methoden der Graphentheorie.

Nicht eindeutig formalisierbare Abläufe bei denen z.B. Vorgänger und Nachfolger einer Aktion nicht genau bekannt sind, lassen sich mit Problemlösungsstrategien modellieren. Auch hier können Sprechakte zu einer ersten, abstrakten Beschreibung benutzt werden.

7.4 Darstellung und Auswertung

Darstellung und Auswertung im Ressourcenmanagement können mit Methoden und Werkzeugen der mehrdimensionalen Datenverwaltung erfolgen. Nach festen, formalisierten Beschreibungen werden hier komplexe Informationen aus verschiedenen Dimensionen heraus betrachtet bzw. analysiert – es erfolgt also eine Dekomposition. Im Data Warehouse sind dies die Operationen „slicing“ und „dicing“. Ein sehr feingliedriger Datenbestand kann aggregiert werden, um die Komplexität zu vermindern – es erfolgt also eine Synthese. Die Operation zur Synthese ist das „roll-up“. Die „drill-down“ Operation vermindert den Abstraktionsgrad.

Mehrdimensionales Datenmanagement ist damit ein kompatibler Ansatz zu Präsentation und Analyse unseres Ressourcen-Management-Schemata.

7.5 Fazit

Die eingeführte Methodik ist gekennzeichnet durch:

- ein Drei-Ebenen-Konzept,
- eine horizontale Erweiterbarkeit durch die Einführung von „tracks“ bzw. Anwendungsgebiet-Pfaden,
- eine granulare Beschreibungsmethode bestehend aus Sprechakten, Mustern und Moduln,
- einer Adaptionstrategie zur Überführung der Sprechakte in Muster durch Nutzung einer Meta-Beschreibung für Muster und Einführung einer „modular extension“ zur Überführung der Muster in Moduln.

Sprechakte basieren auf der Gebrauchssprache, in der Regel auf Soziolekten. Sie regeln nicht nur Inhalt (Semantik) und Struktur (Syntax) der Kommunikation, sondern sie beinhalten auch einen Ansatz zur Interpretation von Kommunikationsinhalten auf Empfängerseite. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich als Folge der Globalisierung der Gesellschaft in den nächsten Jahren harmonisierte Soziolekte entwickeln; wahrscheinlich zuerst in der englischen Sprache.

Muster sind bereits in der Architektur und der Informatik ein etabliertes Modellierungswerkzeug und Entwurfshilfsmittel. Ihre Allgemeingültigkeit ist ein Grund für ihre Verbreitung.

Das Prinzip der Modularität ist in Bauwesen und Informatik ein anerkanntes Prinzip. Es hilft insbesondere Dekomposition und Synthese wirkungsvoll zu unterstützen.

Wird der Inhalt eines Moduls abstrahiert und nur noch die Schnittstelle beschrieben, erfolgt der Übergang zum Muster. Erfolgt die Abstraktion der Schnittstelle und wird nur noch die Funktionsanforderung dargestellt, so erfolgt damit der Übergang vom Muster zum Sprechakt.

7.6 Ausblick

Informationsmanagement wird ein Forschungsschwerpunkt im Bereich der Bauinformatik bleiben, ja sogar noch an Bedeutung gewinnen. Ganzheitliche, nachhaltige Bewirtschaftung erfordert die Verfügbarkeit umfangreicher Daten und Informationen zu Bauwerken genauso, wie die Möglichkeit zu deren differenzierter Auswertung als Grundlage für zukünftige Planungen und Erweiterungen.

Neben einer allgemeingültigen, flexiblen Datenmodellierung bedarf es in der Bauinformatik künftig auch flexibler Methoden und Werkzeuge zur Datenerfassung, Darstellung und Auswertung. Mehrdimensionales Datenmanagement liefert diese Funktionalitäten.

Zu Data Warehouse Umgebungen gehören auch die sogenannten Data Mining Werkzeuge. Diese sind in der Lage, auf den konsolidierten Datenbeständen des Data Warehouse komplexe Analysen, wie z.B. Trendermittlungen, durchzuführen. Nicht in jedem Fall wird man davon ausgehen können, dass vollständige und fehlerfreie Daten erfasst wurden. Methoden zum Umgang mit unvollständigen und fehlerhaften Daten werden das Spektrum des Data Mining ergänzen. Die Fähigkeit zur Analyse komplexer Datenbestände wird an Bedeutung gewinnen, da sich die zu erfassenden und zu verwaltenden Datenmengen mit Einführung der Sensortechnik zur Bauwerksüberwachung beträchtlich erweitern werden.

Datenerfassung mittels Sensortechnik darf sich aber nicht zum Selbstzweck entwickeln. Bauingenieure und Architekten müssen lernen, wo welcher Typ von Sensor in einem Bauwerk anzuordnen ist, um möglichst lang, kostengünstig und sicher Daten zum Bauwerksverhalten erfassen zu können.

Der interdisziplinäre Charakter des Informations- und Kommunikationsmanagement im Bauwesen wird sich verstärken. Zum einen wird es darauf ankommen, die Verbindung zu den einzelnen Disziplinen des Bauwesens zu intensivieren, um die IuK - Nutzung für die spezifischen Randbedingungen des Bauwesens zu optimieren. Der Einsatz mobiler Computer auf der Baustelle sei hier als Beispiel genannt.

Zum anderen wird es nötig sein, die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit baufremden Fachbereichen zu erweitern. Das Wissen und die Erfahrungen dieser Fachbereiche wird benötigt, um neue Methoden und Technologien entwickeln zu können. So besteht derzeit ein großer Bedarf an der Integration von Computer Aided Facilities Management und der Gebäudeleittechnik. Die in Gebäudeleitsystemen erfassten Daten könnten hervorragend für die Bewertung und das Monitoring der Leistungsparameter von Bauwerken herangezogen werden.

Der Fokus der Forschungs-, Entwicklungs- und Lehrtätigkeit im Bereich der Umwelt und Bauinformatik wird nach Meinung des Autors im Bereich des integrierten, ganzheitlichen Informationsmanagements liegen. Mit der vorliegenden Arbeit wurde ein Beitrag dazu geleistet.

ANHANG A1: Erläuterungen und Quellen zu Kapitel 1

Quellen zu Kapitel 1

- [1] Michael Grüning: „Der Wachsmann Report – Auskünfte eines Architekten“:
Verlag der Nation: Berlin, 1988 (ISBN 3-373-00079-3).
- [2] Konrad Wachsmann: „Wendepunkt im Bauen“: Reprint der Erstausgabe des
Krauskopf-Verlag, Wiesbaden (1959): VEB Verlag der Kunst: Dresden, 1989
(ISBN 3-364-00116-2)

ANHANG A2: Erläuterungen und Quellen zu Kapitel 2

Zum Aufbau von Sprachen

Sprachen sind ein System zur Kommunikation. Das System Sprache hat zwei wesentliche Komponenten, eine inhaltlich-beschreibende und eine ordnende, strukturierende Komponente. Sprachen haben sich historisch entwickelt, sie haben einen Verbreitungsgrad und können auf unterschiedlichen Niveaus benutzt werden.

Diese Thesen sollen im weiteren näher betrachtet und erläutert werden. Dabei werden Grundlagen und Zusammenhänge der Linguistik - der Sprachwissenschaft - dargestellt, erläutert und die Brauchbarkeit einiger Thesen der Linguistik auf ihre Anwendbarkeit für den Untersuchungsgegenstand der Arbeit bewertet.

Die Linguistik ist eine empirische Wissenschaft, d.h. deskriptiv gewonnene Regeln, die präskriptive Form haben, werden normativ-präskriptiv verwendet. Die Linguistik kann nach verschiedenen Gesichtspunkten betrieben werden, ahistorisch, synchronisch oder diachronisch. Beim diachronischen Vorgehen erfolgt die Untersuchung einer Einzelsprache über einen zeitlichen Verlauf hinweg. Innerhalb der Arbeit ergeben sich Anknüpfungspunkte zum Kapitel 0 (Bautechnik und Gesellschaft). Beim synchronischen Vorgehen erfolgt die Untersuchung eines Sprachzustandes (z.B. eines Dialektes, einer Fachsprache) zu einem bestimmten Zeitpunkt t. Diese Betrachtungsweise soll im Verlauf der Arbeit nicht weiter betont werden.

Von hervorgehobener Bedeutung für die Arbeit ist die ahistorische Vorgehensweise der Sprachbetrachtung, also die Beschäftigung mit dem Phänomen Sprache. Dabei erfolgt die Untersuchung von Regeln und Modellen, die allen Sprachen gemeinsam sind.

Sprachen können generell in sogenannte Objektsprachen (das Phänomen Sprache selbst) und in Metasprachen (die Sprache über die Sprache) gegliedert werden. In den Bereich der Metasprachen können nach Meinung des Autors alle definierten Sprachen, also auch Mustersprachen, mit eingerechnet werden, da hier zwei wesentliche Merkmale einer Objektsprache nicht vorhanden sind, die historische Entwicklung und, damit meist einhergehend, die weite Verbreitung, die häufige Nutzung und die Entwicklung.

Sprachen sind ein Begriffssystem mit einem strukturierenden und einem inhaltlich beschreibenden Aspekt. Die Strukturierung erfolgt mit Hilfe der Grammatik. Die Grammatik wiederum hat einen phonologischen, einen semantischen und einen syntaktischen Aspekt. Da Kommunikation und Gruppenorganisation für Prozesse der Bauplanung- und Bauwerksbewirtschaftung, im Gegensatz zur Linguistik, von der Darstellungsfunktion dominiert sind, soll der phonologische Aspekt der Grammatik hier nicht weiter betrachtet werden; bleiben noch der semantische und der syntaktische Aspekt.

Der inhaltlich beschreibende Aspekt – **die Semantik** - verfügt über eine umweltreferenzierende Komponente und eine verweisende Komponente. Lexeme repräsentieren die umweltreferenzierenden Komponenten. Lexeme sind Morpheme, die allein, ohne andere Komponenten auftreten können. Sie sind unabhängig vom Redekontext. Verweisende Komponenten werden als deiktische Elemente bezeichnet. Deiktische Elemente stehen in direktem Bezug zur Handlung. Ein Morphem bildet die kleinste bedeutungstragende Einheit einer Sprache (im Unterschied zu Phonemen als der kleinsten bedeutungsunterscheidenden Einheit).

Wörter bilden die ZENTRALE BEDEUTUNGSEINHEIT einer Sprache. Wörter sind sowohl graphematisch-phonologisch als auch semantisch bedeutungsgeschlossene Einheiten. Dem formtragenden und dem bedeutungstragenden Teil des Wortes wird noch ein distributioneller Teil hinzugefügt, d.h. an welchen Positionen in der übergeordneten Struktur (Teilsatz, Satz) kann ein Wort vorkommen und mit welchen Wortarten darf es innerhalb dieser Struktur kombiniert werden.

Wortarten können in der Linguistik nach den verschiedenen Aspekten (phonologisch, semantisch, distributionell) definiert werden. Eine sehr gebräuchliche Definition ist die morphologische Klassifikation, da sie bedeutungstragende und strukturierende Aspekte zu verbinden sucht. Demnach können Wörter in flektierbare und nicht flektierbare Wörter klassifiziert werden. Die flektierbaren Wörter lassen sich wiederum in die konjugierbaren Wörter (Verben) und die deklinierbaren Wörter unterscheiden. Die Gruppe der deklinierbaren Wörter zerfällt wiederum in Nomen, Pronomen und Adjektive.

Beim Versuch einer Übertragung in den Bereich der Produkt- und Prozessmodellierung im Bauwesen könnte man festhalten, dass die Nomen und die Adjektive die Beschreibung des Produktmodelles vornehmen. Mit den Verben und den Adjektiven werden die Prozesse beschrieben. Außerdem wird deutlich, dass ein Prozess immer an einem Produkt ablaufen muss.

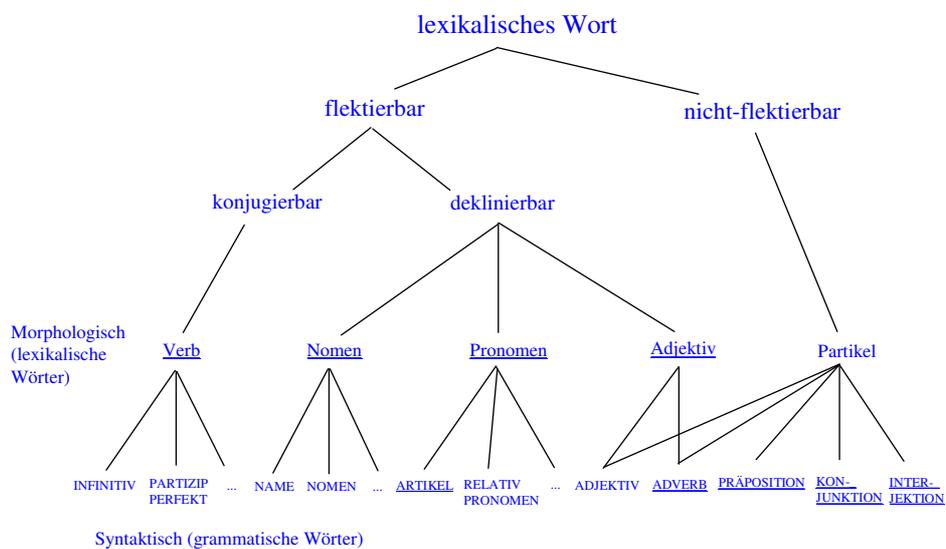


Abbildung 93: Schematisch Darstellung von Wortarten

(nach [14], Bunting: S. 48).

Wörter werden aus Lexemen gebildet und können durch grammatische Wortbildungsmorpheme ergänzt werden. Je nach Position im Wort werden diese als Präfix, Infix oder Affix bezeichnet. Innerhalb eines semantischen Systems können Wortbedeutungen erweitert oder verengt werden. Dies entspricht in etwa einer hierarchischen Layerstruktur nach Buschmann [16]. Wörter haben einen Bedeutungsumfang. In Mustern bilden Problemdarstellung und Lösungsbeschreibung hier das Analogon. Metaphern können einen Wortsinn übertragen oder die Herkunft eines Wortes historisch erklären.

Der strukturierende Aspekt – die Syntax (gr. *syntaxis* – Anordnung oder *syntattein* – zusammenstellen) – erfasst Regeln, nach denen Wörter in Sätzen zusammengestellt werden können. Der Satz bildet somit eine gegliederte, in sich abgeschlossene Struktur. Sätze können nach verschiedenen Aspekten betrachtet werden:

- dem psychologischen Aspekt der Übertragung einer gedanklichen Einheit in eine sprachliche Struktur
- dem logischen Aspekt
- dem semantischen Aspekt ausgehend von der Bedeutung sprachlicher Formen
- dem grammatischen Aspekt ausgehend von dem Merkmal der Abgeschlossenheit (Für-Sich-Allein-Stehen-Können)

Bei der Strukturierung sind zwei Grundbestandteile der grammatischen Analyse zu betrachten: die Kategorisierung (also das innewohnende Ordnungsprinzip) und die Funktion (also die Leistung, die von einer Teilkomponente innerhalb der Struktur Satz erbracht wird).

Die Erläuterung der Satzkategorien erfolgt nun beginnend bei den grammatischen Funktionen und den zugehörigen Satzpositionen. Ein Satz besteht mindestens aus Subjekt (dem Handlungsträger) und Prädikat (der Handlung selbst). Objekte, Attribute und adverbiale Bestimmungen können den Satzinhalt umfassender erläutern. Bei den Objekten wird in fallbestimmte Objekte (Genitivobjekt – besitzanzeigend, Akkusativobjekt – direktes Objekt, Dativobjekt – indirektes Objekt) und präpositionale Objekte unterschieden. Adverbiale Bestimmungen spezifizieren den Handlungsrahmen näher (Ort, Zeit, Art und Weise, Grund). Attribute sind stets nominalen Satzgliedern zugeordnet.

Die Satzfunktion eines Wortes (oder einer Wortgruppe) ergibt sich aus der Kombination von Wortart und Strukturposition.

Satzfunktion := Wortart + Strukturposition (Gleichung 24)

Ein Satz kann verschiedene Formen haben: einfacher Satz, Matrixsatz, Satzreihe und Kurzsatz. Matrixsätze entstehen auf der Grundlage der Regel, dass alle Satzpositionen durch syntaktische Gebilde, sogenannte untergeordnete Gliedsätze, ersetzt werden können. Diese untergeordneten Gliedsätze werden in einen übergeordneten Teilsatz eingeordnet. Im Gegensatz dazu werden bei einer Satzreihe vollständige Sätze gleichgeordnet.

Zur *Analyse und Beschreibung grammatischer Kategorien* stehen verschiedene Methoden, Modelle und Hilfsmittel zur Verfügung. Einige davon sollen im Rahmen dieser Arbeit näher betrachtet werden: die Distributionsanalyse, die komponentielle Semantik und die Merkmalssemantik.

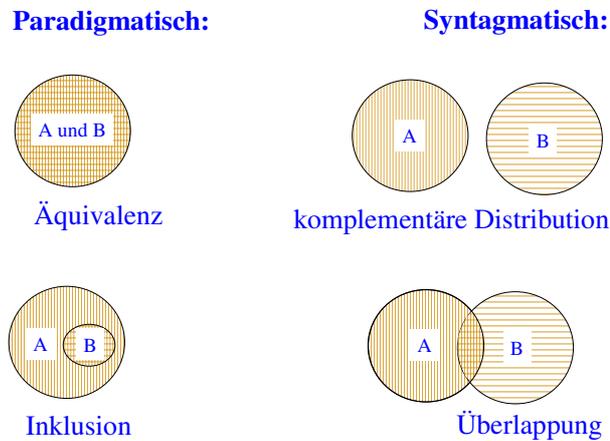
Die Merkmalssemantik ist eine reine semantische Klassifikationsmethode. Man analysiert Bedeutungsfelder, indem man in Einzelbedeutungen zerlegt. Z.B. leitet man aus der Grundbedeutung „Bauteil“ weitere Bedeutungen ab:

Stütze (Bauteil + tragend + linear + vertikal)

Fenster (Bauteil + nicht tragend + flächig)

Die komponentielle Semantik beinhaltet eine paradigmatische Komponente – das Wörterbuch – und eine syntagmatische Komponente – die Projektionsregeln. Paradigmatische Relationen beschreiben die Ersetzbarkeit einer Komponente durch eine andere an einer bestimmten Strukturposition. Ein Wörterbuch enthält somit syntaktische und semantische Merkmale sowie Selektionsbeschränkungen. Semantische Merkmale und Selektionsbeschränkungen werden zu einer Lexikonlesart zusammengefasst. Die Projektionsregeln beschreiben die Beziehungen zwischen den einzelnen Satzpositionen. Die Merkmalssemantik bildet einen weiteren Teil der Projektionsregeln. Damit wird die Interpretation von Bedeutungsfeldern möglich.

Bei der Distributionsanalyse werden paradigmatische und syntagmatische Beziehungen mengenorientiert beschrieben. Man unterscheidet zwischen den paradigmatischen Kategorien der distributionellen Äquivalenz und der Inklusion, der syntagmatischen Kategorie der komplementären Distribution und der Überlappung. Eine Zusammenstellung der Kategorien erfolgt in Abbildung 94.



Relationen zwischen Distributionsklassen

Abbildung 94: Beziehungen in der Distributionsanalyse

(nach [13]: Bünting: Abb.5)

Exkurs: Verbindungen und verbindungslose Übertragung

Verbindungen können formal als die Beschreibung der logischen Zuordnung der Ressourcen von Datenübertragung und Kommunikation charakterisiert werden. Man unterscheidet in: feste Verbindungen, statisch geschaltete Verbindungen, dynamisch geschaltete Verbindungen und virtuelle Verbindungen.

Im Falle der festen Verbindungen sind alle Empfänger ständig an das Netz angeschlossen, wie z.B. beim Kabelfernsehen. Statische Verbindungen sind nur mit erhöhtem Aufwand auf- und abzubauen und bleiben deshalb über einen längeren Zeitraum geschaltet, z.B. die Verbindung zwischen zwei LANs⁴⁶. Im Gegensatz dazu ist der Verbindungsaufbau und -abbau bei dynamisch geschalteten Verbindungen sehr einfach möglich, wie z.B. bei Telefonverbindungen.

Der Begriff der virtuellen Verbindung ist nicht unumstritten und wird verschieden interpretiert (z.B.: [20] S. 92 f). Im Rahmen dieser Arbeit sollen virtuelle Verbindungen als Teilverbindungen in einer zu allen Teilnehmern geschalteten Verbindung betrachtet werden, die durch Filterung nur einen bestimmten Empfänger erreicht.

Verbindungslose Datenübertragung

Bei der verbindungslosen Datenübertragung erfolgt die Zielangabe in jeder zu übertragenden Dateneinheit. Es handelt sich um eine sogenannte kontextfreie Übertragung bei der kein Verbindungsaufbau erfolgt. Die nachfolgende Tabelle stellt die Unterschiede in der technischen Umsetzung der Dienstparadigmen verbindungsorientierte oder verbindungslose Übertragung dar. Der Unterschied zwischen ihnen liegt in der Bearbeitung der Adressinformation:

- Beim verbindungslosen Dienstparadigma (Datagramm) wird die Adressinformation jedem Datenpaket zugeordnet. In jedem Netzknoten wird diese Adressinformation benötigt und ausgewertet.
- Beim verbindungsorientierten Dienstparadigma wird die Adresse nur in der Aufbauphase der Verbindung bewertet und nicht während der Datenübertragung selbst

Tabelle 25: Vergleich der Dienstparadigmen (aus [20], Froitzheim: S. 93)

	Datagramm	Virtuelle Verbindungen
Verbindungsaufbau	Entfällt	Erforderlich
Adressierung	In jedem Punkt	Pakete mit Verbindungs-ID
Status	Netz ist zustandslos	In Tabellen im Netz
Weglenkung	Für jedes Paket	Pfadsuche beim Verbindungsaufbau
Auswirkung eines Netzknotenfehlers	Paketverlust	Verbindungsende
Überlaststeuerung	Schwierig	Reservierung beim Verbindungsaufbau
Komplexität	In Transportschicht	In Netzwerkschicht

Anzumerken bleibt, dass mit der Einführung neuerer Dienste und Protokolle wie ATM⁴⁷, IPv6⁴⁸ eine Einordnung in die Dienstparadigmen verbindungslos bzw. verbindungsorientiert nicht mehr exakt möglich ist. Als Beispiel sei hier das RSVP⁴⁹ genannt, das es dem Empfänger einer Nachricht erlaubt, entlang des Übertragungspfades Ressourcen reservieren zu lassen.

⁴⁶ Local Area Network

⁴⁷ ATM: Asynchronous Transfer Mode

⁴⁸ IP v6: Internetprotokoll Version 6

⁴⁹ RSVP: Resource Reservation Protocol

Dienstgüte

Tabelle 26: Anforderungen an den Datendurchsatz (nach Froitzheim [20] S. 139)

Dienst 1	Medium 2	Durchsatz 3
Dateiübertragung	Text	1 – 10 kByte/s
	Formatierter Text	2 – 10 kByte/s
Telefon	PCM ⁵⁰ -Audio	64 kByte/s
Videotelefon	MPEG ⁵¹ -Audio	64 kByte/s
	Video H.261 CIF ⁵²	384 kByte/s
Telekonferenz mit n Teilnehmern	2 Kanal MPEG-Audio	n * 192 kByte/s
	Video M-JPEG ⁵³	n*10 Bilder*5kByte/s
	Grafik	1 kByte/s – 4 MBit/s
Fernsehen	MPEG-2 AV	4 MBit/s
	HDTV ⁵⁴	4 MBit/s

Tabelle 27: Zuverlässigkeitsanforderungen bezüglich zu übertragende Medien
(nach Froitzheim [20] S. 139)

Medium 1	Bitfehler 2	Paketfehler 3	Aktion 4
Text	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	Korrektur
Formatierter Text	10 ⁻¹⁵	10 ⁻⁴	Korrektur
PCM-Audio	10 ⁻⁴	-	Keine
MPEG-Audio	10 ⁻¹⁰	10 ⁻³	Wiederaufsetzen
MJPEG	10 ⁻⁸	10 ⁻¹	keine
MPEG	10 ⁻¹⁰	10 ⁻³	Wiederaufsetzen

⁵⁰ PCM: Puls-Code-Modulation (Umwandlung analog/digital)

⁵¹ MPEG: Moving Pictures Expert Group (ISO/IEC, JTC1/SC29/WG11)

⁵² CIF: Common Intermedia Format

⁵³ M-JPEG: Joint Photographic Expert Group

⁵⁴ HDTV: High Definition Television

Die IDEF-METHODE: Übersicht und Einordnung

Die IDEF-Methode ist von ICAM zur Modellierung von Aktivitäten entwickelt worden. IDEF steht für *Integrated DEFinition method*. Es sind verschiedene IDEF - Methoden zu unterscheiden. Eine Übersicht zu relevanten IDEF-Methoden gibt Tabelle 28.

Tabelle 28: IDEF-Methoden zum Ressourcenmanagement

IDEF	Akronym für <i>Integration Definition</i> . Der Term wird auch als allgemeine Bezeichnung für eine Familie von Methoden zur Modellierung des Ressourcenmanagements benutzt: IDEFØ, IDEF1, IDEF1X, IDEF3, IDEF4, IDEF5 und IDEF 9.
IDEFØ	„ <i>Integration Definition method</i> “ für Funktions-Modellierung
IDEF1	„ <i>Integration Definition method</i> “ für Informations-Modellierung
IDEF1X	„ <i>Integration Definition method</i> “ für erweiterte, semantische Modellierung
IDEF2	„ <i>Integration Definition method</i> “ für Simulations-Modellierung
IDEF3	„ <i>Integration Definition method</i> “ für Prozess-Beschreibung und Modellierung
IDEF4	„ <i>Integration Definition method</i> “ für Objekt-Orientiertes Entwerfen
IDEF5	„ <i>Integration Definition method</i> “ für Ontologie-Beschreibungen
IDEF9	„ <i>Integration Definition method</i> “ für Constraint-Beschreibungen paralleler Entwurfs-Szenarios (IICE) ⁵⁵

IDEF 1X

Der Standard IDEF1X vervollständigt quasi die mit IDEF0 und IDEF1 begonnenen Entwicklungen für eine Modellierungssprache zur semantischen, syntaktischen und grafischen Beschreibung und Definition logischer Datenmodelle. Der Entwicklung des Standards fokussierte auf die Entwicklung und Dokumentation relationaler Datenmodelle, obwohl er nicht zwingend die Umsetzung des relationalen Paradigmas fordert. Die Erweiterung von IDEF1X wurde entwickelt um auch die grafische Informationsmodellierung zu unterstützen.

IDEF 2

IDEF 2 wurde mit dem Ziel entwickelt, um die Funktionsmodelle in Form von Simulationen analysieren und bewerten zu können.

IDEF 3

IDEF 3 erlaubt die Geschäftsprozessmodellierung. Dazu wurden die Modelle und Notationen von IDEF wesentlich erweitert. Um Prozessketten abbilden zu können wird bei IEDF 3 nun auch ein Knoten-Kanten-Modell unterstützt. Der Umfang der grafischen Notationen wurde wesentlich erweitert.

IDEF 3 kann sowohl für die Erfassung von IST - Zuständen (Beschreibung) als auch für die Definition von SOLL - Zuständen (Modellierung) benutzt werden. Ob die von den IDEF-Autoren vorgegebene Verwendung des Begriffes „Model“ wirklich nur die Definition von SOLL - Zuständen beschreibt, soll im Rahmen der Arbeit nicht weiter diskutiert werden. Der Autor schließt sich dieser Definition nicht an.

Der Vollständigkeit halber soll hier noch die erweiterte IDEF 3 Notation angegeben werden.

⁵⁵ IICE: Information Integration for Concurrent Engineering

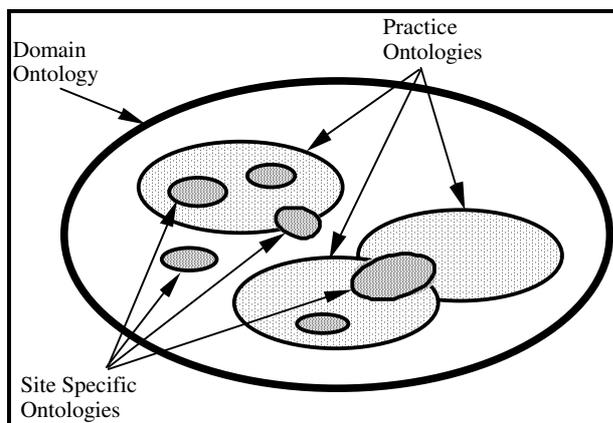
Tabelle 29: IDEF 3-Notation
(UOB: Unit of Behavior) nach [29]

Process Schematic Symbols		Object Schematic Symbols																					
<p align="center"><u>UOB Symbols</u></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <p align="center">UOB Labels</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Node Ref #</td> <td style="width: 50%;">IDEF Ref #</td> </tr> </table> </div> <p align="center"><u>Links</u></p> <p>→ Simple Precedence Link</p> <p>→■→ Constraint Precedence Link</p> <p>→←→ Constraint Precedence Link</p> <p>→◆→ Constraint Precedence Link</p> <p>- - - - - Relational Link</p> <p align="center"><u>Junctions</u></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">&</td> <td>- AND</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">&</td> <td>- Synchronous AND</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">O</td> <td>- OR</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">O</td> <td>- Synchronous OR</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">X</td> <td>- XOR</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Node Ref #	IDEF Ref #	&	- AND	&	- Synchronous AND	O	- OR	O	- Synchronous OR	X	- XOR			<p align="center"><u>Object Symbols</u></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 10px; width: 60px; height: 60px; margin: 0 auto;"> <p align="center">Object State Label</p> </div> </div> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 10px; width: 60px; height: 60px; margin: 0 auto;"> <p align="center">Individual Label</p> <div style="text-align: center; margin-top: 5px;">●</div> </div> </div> </div> <p align="center"><u>Links</u></p> <p>→ Weak Transition Link</p> <p>→ Strong Transition Link</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin: 10px 0;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 100px; text-align: center;">Relation Label</div> <div style="text-align: center;"> <p>n - Place First-order Relation Symbol</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin: 10px 0;"> <div style="text-align: center;"> <p>Relation Label</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>2 - Place Second-order Relation Symbol</p> </div> </div> <p align="center"><u>Junctions</u></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px; width: 40px; height: 40px; text-align: center;">&</td> <td>- AND</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px; width: 40px; height: 40px; text-align: center;">O</td> <td>- OR</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px; width: 40px; height: 40px; text-align: center;">X</td> <td>- XOR</td> </tr> </table> <p align="center"><u>Connecting Symbols</u></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin: 10px 0;"> <div style="text-align: center;"> <p>→</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>→</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin: 10px 0;"> <div style="text-align: center;"> <p>○</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>○</p> </div> </div>		&	- AND	O	- OR	X	- XOR
Node Ref #	IDEF Ref #																						
&	- AND	&	- Synchronous AND																				
O	- OR	O	- Synchronous OR																				
X	- XOR																						
&	- AND																						
O	- OR																						
X	- XOR																						
<p><u>Referents and Notes</u></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center; vertical-align: top;"> <p>Call and Continue Referent</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 150px; height: 80px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30px;"></td> <td>Referent Type/ Label</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Locator</td> </tr> </table> </div> </td> <td style="width: 33%; text-align: center; vertical-align: top;"> <p>Call and Wait Referent</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 150px; height: 80px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30px;"></td> <td>Referent Type/ Label</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Locator</td> </tr> </table> </div> </td> <td style="width: 33%; text-align: center; vertical-align: top;"> <p>Note</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 150px; height: 80px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30px;">Note ID</td> </tr> <tr> <td style="height: 40px;"></td> </tr> </table> </div> </td> </tr> </table>				<p>Call and Continue Referent</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 150px; height: 80px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30px;"></td> <td>Referent Type/ Label</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Locator</td> </tr> </table> </div>		Referent Type/ Label	Locator		<p>Call and Wait Referent</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 150px; height: 80px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30px;"></td> <td>Referent Type/ Label</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Locator</td> </tr> </table> </div>		Referent Type/ Label	Locator		<p>Note</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 150px; height: 80px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30px;">Note ID</td> </tr> <tr> <td style="height: 40px;"></td> </tr> </table> </div>	Note ID								
<p>Call and Continue Referent</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 150px; height: 80px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30px;"></td> <td>Referent Type/ Label</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Locator</td> </tr> </table> </div>		Referent Type/ Label	Locator		<p>Call and Wait Referent</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 150px; height: 80px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30px;"></td> <td>Referent Type/ Label</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Locator</td> </tr> </table> </div>		Referent Type/ Label	Locator		<p>Note</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 150px; height: 80px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30px;">Note ID</td> </tr> <tr> <td style="height: 40px;"></td> </tr> </table> </div>	Note ID												
	Referent Type/ Label																						
Locator																							
	Referent Type/ Label																						
Locator																							
Note ID																							

IDEF 5

Der Teil 5 der IDEF-Methode wurde entwickelt, um die Grundlagen für eine Ontologie-Entwicklung zu erarbeiten und zu dokumentieren. Mit IDEF 5 soll eine bisher vorhandene Lücke im IDEF-Framework gefüllt werden, nämlich die exakte Definition von Begriffswelten, dem Gültigkeitsbereich von Begriffen sowie dem Zusammenhang zwischen Elementen dieser Welten. Damit soll es möglich werden, eine Kontext-Integration zwischen Teilmodellen zu erreichen, sowie die einzelnen methodischen Ansätze der Teilmodelle zu integrieren.

IDEF 5 soll außerdem auch die Visualisierung von Ontologien, deren Elementen und Beziehungen Unterstützung liefern. IDEF 5 stellt jedoch nicht das primäre Medium zur Speicherung, Verwaltung und dem Management von Ontologien dar. Die grafische Notation wurde in Analogie zu IDEF 0/1X und IDEF 3 entwickelt.



Die Autoren von IDEF unterscheiden verschiedene Abstraktions-Stufen von Ontologien im Bereich der Funktions- und Prozessmodellierung.

Abbildung 95: Ontologie-Niveaus

(nach [27]: IDEF 5)

IDEF 9:

Der Teil IDEF 9 wurde entwickelt, um Randbedingungen, welche das Funktionieren von Geschäftsprozessmodellen beeinflussen, abbilden zu können. Dies sind z.B.: Verfahren, Regeln, Übereinkommen, juristische und naturwissenschaftliche Gesetze. Die Katalogisierung dieser Rahmenbedingungen soll zur Analyse und zur Optimierung von komplexen Geschäftsprozessen herangezogen werden können.

Vorgehensweise bei der Modellierung mit IDEF 0

Der erste Schritt bei der Erstellung eines IDEF-0-Modells ist die Definition der Sichtweise, des Zwecks und des Zusammenhangs (oder Kontexts) eines zu erstellenden Modells. Das Kontext-Diagramm wird entwickelt, um „die Situation im Zusammenhang“ darzustellen. Der Kontext gibt die Grenzen des Subjektes oder der Funktion, die modelliert wird, an. Die Sichtweise ist die Perspektive, aus der ein Subjekt vom Modellierer oder Modellierungsteam analysiert wird. Der Zweck (oder das Ziel) gibt den Grund an, weshalb das Modell erstellt werden soll.

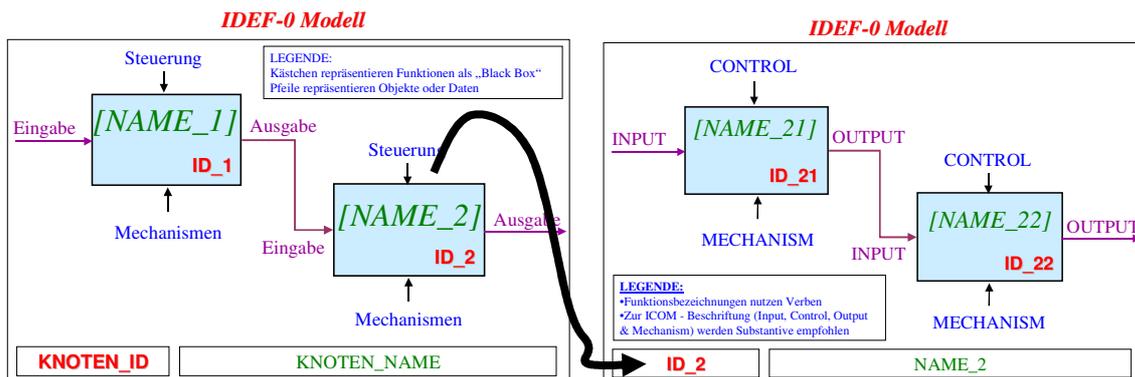


Abbildung 96: Inhalt eines Diagramms in IDEF-0 Notation und funktionale Dekomposition

Die Dekomposition wird bei der Erstellung von IDEF-0-Modellen benutzt, um eine Modell-Hierarchie einzuführen. Es handelt sich dabei um einen Prozess zur Beschreibung von Funktionen, die wiederum aus anderen Funktionen bestehen. Bei der Dekomposition erfolgt eine fortschreitende Detaillierung der Funktionsbeschreibung. Funktionen auf einer höheren Ebene werden als „Eltern“-Funktionen (parent function), die detaillierteren Diagramme als „Kinderdiagramme“ (child diagram) bezeichnet. Die Pfeile werden benutzt, um die Abhängigkeiten zwischen den Aktivitäten zu beschreiben. Abhängigkeiten können durch gemeinsame Referenzobjekte, einen Informations- oder Datenfluss entstehen. Der Output kann sich verzweigen und für zwei Aktivitäten gleichzeitig oder aufeinanderfolgend genutzt werden. Rückkoppelungspfeile beschreiben iterative Funktionen.

Jedes Diagramm in einem IDEF-0-Modell beinhaltet ein Maximum von 6 und ein Minimum von 3 Funktionen. Jedes Kästchen oder jede Funktion hat eine eindeutige ID (identification), die seine Position im Gesamtkonzept identifiziert und einen Namen. Eine Konzeptübersicht, ermöglicht es außerdem, ein klares Verständnis aller benutzten Bezeichnungen zu bekommen.

IDEF-0-Modelle werden zur Zeit in verschiedenen Anwendungen insbesondere bei Umstrukturierungen von Geschäftsprozessen, Bedarfsanalysen usw. genutzt Sie können auch zur Beschreibung von Herstellungsprozessen eingesetzt werden. Sie sind ebenfalls hilfreich zum Verständnis von komplexen Interaktionen zwischen verschiedenen Funktionsaufteilungen innerhalb eines Unternehmens und beim Erkennen von Kernfunktionalitäten.

Vorgehensweise bei der Modellierung mit ARIS

Modellierung innerhalb der Funktionssicht

Die Funktionssicht beinhaltet die Beschreibung der Funktionen (Vorgänge) und deren Zusammenhänge untereinander. Innerhalb der Funktionssicht wird nur die statische Funktionsstruktur modelliert, d.h. die Verbindungen zwischen den Funktionen werden aufgezeigt. Die Verbindungen zwischen Daten und Funktionen werden in der Steuerungssicht dargestellt (dynamischer Funktionsablauf). Diese Vorgehensweise liegt in der strikten Trennung der Betrachtungsfelder begründet.

Der Begriff Funktion kann auf allen Hierarchieebenen verwendet werden. In ARIS wird er aber nach dem Detaillierungsgrad der Betrachtung aufgespalten in:

- Funktionsbündel:** Ein Funktionsbündel setzt sich aus einer Vielzahl von Tätigkeiten zusammen.
- Funktion:** Eine Funktion ist eine komplexe Tätigkeit, die weiter untergliedert werden kann und in ein Funktionsbündel eingeht.
- Teilfunktion:** Eine Teilfunktion ist eine Tätigkeit, die in Elementarfunktionen zerlegt wird und in übergeordnete Funktionen eingeht.
- Elementarfunktion:** Eine Elementarfunktion ist eine Tätigkeit, die sinnvoll nicht weiter untergliedert wird.

Für die weitere Bearbeitung soll eine leicht modifizierte Spezialisierung benutzt werden, die aber ein Anlegen beliebig vieler Teilfunktionsebenen ermöglicht. Abbildung 13 zeigt ein Beispiel für einen Typ von Funktionszuordnungen nach Scheer und eine UML-Notation für die modifizierte Klassifizierung.

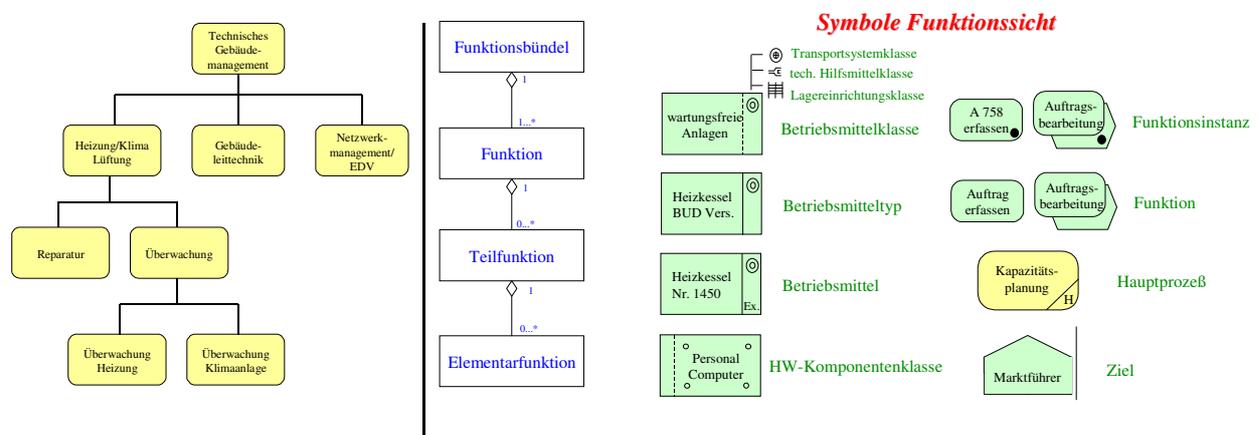


Abbildung 97: Funktionsbaum, Hierarchie und Symbolerklärung

Die Darstellung von Funktionen erfolgt in sogenannten Funktionsbäumen oder Hierarchiediagrammen. Die Klassifikation kann nach verschiedenen Kriterien erfolgen:

- Objektorientiert:** Beschreibung von Funktionen, die *unterschiedliche* Verrichtungen (z.B. erstellen, ändern, stornieren) am *gleichen* Objekt (z.B. Kundenauftrag) vornehmen.
- Prozessorientiert:** Beschreibung *gleicher* Verrichtungen an *unterschiedlichen* Objekten.
- Verrichtungsorientiert:** *Zusammenfassung* von Funktionen, die *gleiche* Verrichtungen an *unterschiedlichen* Informationsobjekten durchführen.

Modellierung innerhalb der Organisationssicht

In der Organisationssicht werden die Organisationseinheiten, die zugehörigen Bearbeiter und der Mitarbeitertyp sowie deren Strukturen modelliert. Aufgabenträger, welche die gleiche Funktion

Beispiel einer Organisationsstruktur

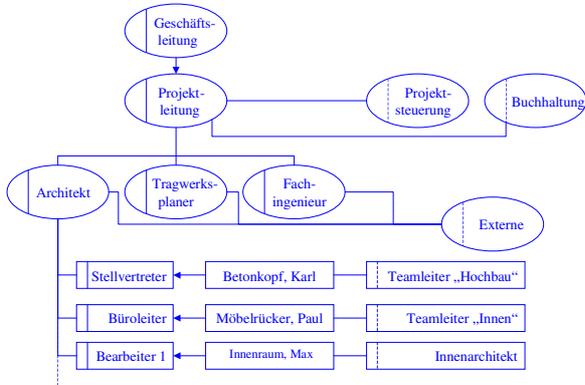


Abbildung 98: Organigramm

Symbole Organisationssicht

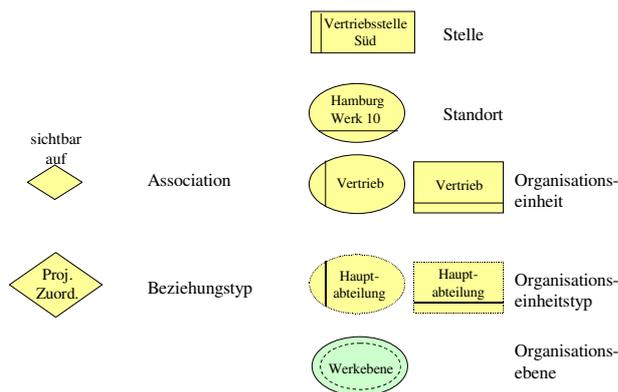


Abbildung 99: Symbole Organisationssicht

ausführen oder das gleiche Arbeitsobjekt bearbeiten, werden zu Organisationseinheiten zusammengefasst. In der Fachkonzeptebene werden Organisationsstrukturen in ARIS mit Hilfe eines Organigramms dargestellt.

(vgl. Abbildung 98)

In ARIS kann nach folgenden Kriterien modelliert werden:

- Funktionale Gliederung
- Örtliche Gliederung
- Produktorientierte Gliederung
- Kombinierte Gliederung

Zwischen Organisationseinheiten können Unterstellungsverhältnisse bestehen, z.B.:

- (1) „fachlich vorgesetzt“,
- (2) „disziplinarisch vorgesetzt“,
- (3) „ist bildend für“.

Unterschiedliche Notationssymbole erlauben es, Organisationseinheiten, Stellen und Personen zu typisieren.

(vgl. Abbildung 99)

Modellierung innerhalb der Datensicht

Symbole Leistungssicht

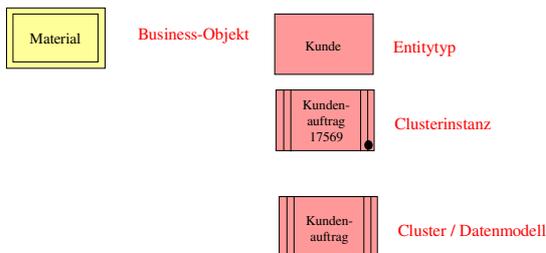


Abbildung 100: Symbole Datensicht

Die Datensicht umfasst Daten, Informationen und Nachrichten der Vorgangsbearbeitung sowie Ereignisse, die Funktionen auslösen bzw. von Funktionen erzeugt werden. Scheer schlägt zwar eine graphische Darstellungsform zur Beschreibung der Datensicht in ARIS vor, legt diese aber nicht als verbindlich fest. Dies ist durchaus sinnvoll, da man sich hier bereits etablierter Methoden und Werkzeuge bedienen kann.

Die Nutzung etablierter, anerkannter und genormter Beschreibungsmethoden hat zusätzlich den Vorteil, dass hier auf das zu benutzende Programmierparadigma eingegangen werden kann. Im folgenden sollen deshalb der Vollständigkeit halber nur die ARIS-spezifischen Merkmale kurz dargestellt werden.

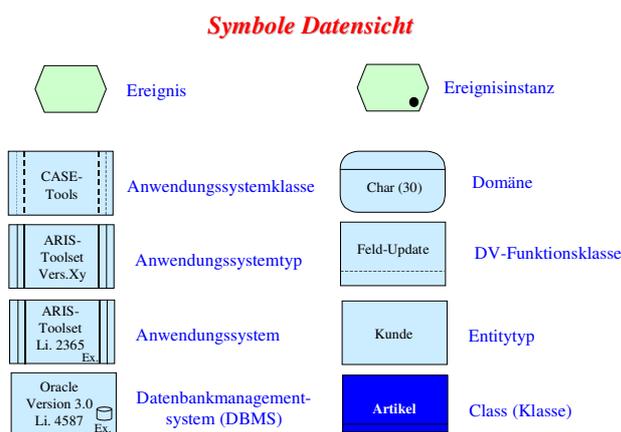
Gruppierung

Im Gegensatz zur Aggregation werden bei der Gruppierung aus Elementen einer Entitymenge Gruppen gebildet. Dabei entstehen keine neuen Objekttypen.

Uminterpretierter Beziehungstyp

Sollen aus Aggregationen hervorgegangene Beziehungstypen ihrerseits wieder Beziehungen zu anderen Objekttypen eingehen ist dies nur möglich, wenn sie als Entitytyp uminterpretiert werden. Die ERM weisen teilweise trotz Beschränkung auf Entitytypen und Beziehungstypen komplexe Strukturen auf, was zu Unübersichtlichkeit führen kann. Deshalb wird oft für einen Entitytyp oder Beziehungstyp lediglich das Schlüsselattribut angegeben und eine Zuordnung weiterer Attribute wird in ARIS in einem sogenannten Attributszuordnungsdiagramm hinterlegt.

Leistungssicht



Die Ergebnisse von Prozessen sind Leistungen. In der Leistungssicht werden alle Prozessergebnisse abgebildet.

Abbildung 101: Symbole Leistungssicht

Modellierung in der Steuerungssicht

Als Synthese von Organisations-, Funktions- und Datensicht wird die Steuerungssicht eingeführt. Die Synthese erfolgt schrittweise, indem paarweise Beziehungen zwischen Teilsichten definiert werden. Die Steuerungssicht ist die Grundlage für eine systematische, vollständige Prozessbeschreibung.

Funktion/Organisation

Bei der Verbindung der Organisationssicht mit der Funktionssicht werden den im Funktionsbaum definierten Funktionen im Organigramm spezifizierte Aufgabenträger zugeordnet. Umgekehrt ist es möglich, aus der Organisationssicht alle von einer Organisationseinheit bearbeiteten Prozessketten einschließlich der zugehörigen Funktionen zu ermitteln. Die Zuordnung definiert Verantwortung und Entscheidungskompetenz der Aufgabenträger. In ARIS stehen Bezeichnungen wie: „führt aus“, „ist fachlich verantwortlich“, „entscheidet über“ zur Verfügung.

Funktion/Daten

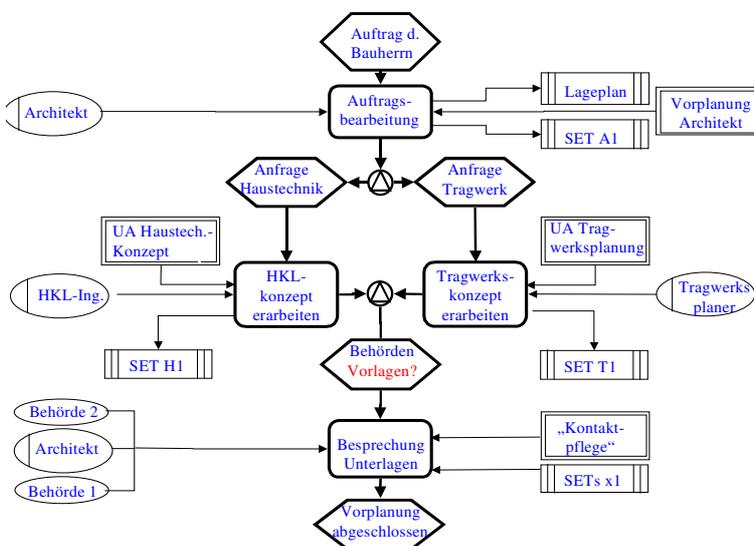
Eine mögliche Beziehungsart zwischen Daten und Funktionen liegt in der Datenverarbeitungsfunktion begründet, d.h. Funktionen transformieren Daten. Die Darstellung des sogenannten Datenflusses zwischen den Funktionen, erfolgt in Funktionszuordnungsdiagrammen. Pfeile unterscheiden die Darstellung von Ein- bzw. Ausgabedatum.

Die Ablauffolge von Funktionen wird in Prozessketten dargestellt. Für jede Funktion existieren Ereignisse, die sowohl Auslöser als auch Ergebnis von Funktionen sind. Ereignisse bewirken eine Zustandsänderung eines Informationsobjektes und können deshalb auch der Datensicht von ARIS zugeordnet werden. Die ereignisgesteuerte Darstellung von Prozessketten (EPK) ist somit eine Verbindung zwischen der Daten- und Funktionssicht.

Logische Verknüpfungen zwischen Ereignissen und Funktionen werden in den EPK durch Konnektoren dargestellt. In ARIS wird zwischen Ereignisverknüpfungen und Funktionsverknüpfungen unterschieden. Prinzipiell sind in ARIS folgende Arten von Verknüpfungen definiert: (1) Und-Verknüpfung, (2) Oder-Verknüpfung und (3) Exklusiv-oder-Verknüpfung. In Tabelle 30 erfolgt eine Zusammenstellung. Nachdem die Verknüpfung jeweils zweier Sichten durchgeführt wurde, erfolgt nun die Erweiterung um die dritte Sicht.

Funktionen/Daten/Organisation

Die vollständige Darstellung der Steuerungssicht erfolgt entweder in einer erweiterten Ereignisprozesskette (eEPK) oder in einem Vorgangskettendiagramm. Im Vorgangskettendiagramm erfolgt eine zeilenweise Darstellung. Jeweils eine Zeile gibt an, von



welchem Ereignis eine Funktion aktiviert wird, welche Datenobjekte von ihr bearbeitet werden und welcher Aufgabenträger dafür verantwortlich ist.

Anstelle einer Tabelle kann der Geschäftsprozess auch im Freiformat in einem erweiterten Ereignisprozessketten-Diagramm (eEPK) dargestellt werden. Die beschriebenen grafischen Symbole werden zur Darstellung der Steuerungssicht herangezogen.

Abbildung 102: Erweiterte Ereignisprozesskette

	Ereignisverknüpfung				Funktionenverknüpfung			
	Verknüpfung <u>auslösender</u> Ereignisse		Verknüpfung <u>erzeugender</u> Ereignisse		Verknüpfung mit <u>erzeugten</u> Ereignissen		Verknüpfung mit <u>auslösenden</u> Ereignissen	
	Symbol	Bedeutung	Symbol	Bedeutung	Symbol	Bedeutung	Symbol	Bedeutung
UND-Konnektor	<p>Ereignisse Funktion</p>	Die Funktion wird gestartet, wenn alle Ereignisse eingetreten sind	<p>Funktion Ereignisse</p>	Die Funktion führt dazu, daß alle Ereignisse eintreten	<p>Funktionen Ereignis</p>	Das Ereignis ist erst eingetreten, wenn alle Funktionen ausgeführt sind	<p>Ereignis Funktionen</p>	Alle Funktionen werden durch das Ereignis ausgelöst
Oder-Konnektor	<p>Ereignisse Funktion</p>	Die Funktion wird gestartet, wenn mindestens eines der Ereignisse eingetreten ist	<p>Funktion Ereignisse</p>	Die Funktion führt dazu, daß mindestens eines der Ereignisse eintritt	<p>Funktionen Ereignis</p>	Das Ereignis tritt ein, wenn mindestens eine der Funktionen ausgeführt wird	Ereignisse haben keine Entscheidungskompetenz ! Verknüpfung ist nicht möglich	
Exklusiv-Oder-Konnektor	<p>Ereignisse Funktion</p>	Die Funktion wird gestartet, wenn genau ein und nur ein Ereignis eingetreten ist	<p>Funktion Ereignisse</p>	Die Funktion führt dazu, daß höchstens eines der Ereignisse eintritt	<p>Funktionen Ereignis</p>	Das Ereignis tritt ein, wenn genau ein und höchstens eine der Funktionen ausgeführt wurde	Ereignisse haben keine Entscheidungskompetenz ! Verknüpfung ist nicht möglich	

Tabelle 30: Übersicht über die Verknüpfungoperatoren zwischen Funktionen und Ereignissen (entnommen aus Scheer [38])

Quellen zu Kapitel 2

- [3] Christopher Alexander: „The Timeless Way of Building“: Oxford University Press: New York, 1979: (ISBN 0 – 19 – 502402 – 8).
- [4] Christopher Alexander u.a.: „Eine Mustersprache“: Löcker Verlag GmbH, Wien: 1995.
(ISBN 3 – 85 409 – 179 – 6) Übersetzung der englischen Originalausgabe: „A Pattern Language – Towns, Buildings, Construction“: Oxford University Press: New York, 1977.
- [5] Sam Anahory, Dennis Murray: „Data Warehouse - Planung, Implementierung und Administration“: Addison-Wesley Longman GmbH: Bonn, Reading, MA: 1997: (ISBN 3-8273-1288-4).
- [6] J. Austin: „How to Do Things with Words“: Oxford University Press: London, United Kingdom: 1962.
- [7] Anatol Badach, Erwin Hoffmann, Olaf Knauer: „High Speed Internetworking“: Addison Wesley: Bonn, Paris, New York, Sydney:1994: (ISBN 3-89 319-713-3).
- [8] Uwe M. Borghoff, Johann H. Schlichter: „Rechnergestützte Gruppenarbeit - Eine Einführung in Verteilte Anwendungen“: 2. Auflage: Springer Verlag: Berlin, Heidelberg, 1998: (ISBN 3-540-62873-8).
- [9] Robert B. Brandom: „Der Mensch, das normative Wesen – Über die Grundlagen des Sprechens. Eine Einführung“: in: Die Zeit: Nr. 29/2001: Zeitverlag Gerd Bucerius GmbH & Co. KG: Hamburg.
- [10] Robert Brandom: „Making it explicit - reasoning, representing and discursive commitment“: Harvard Univ. Press: Cambridge, Mass. [u.a.]: 1994: (ISBN 0-674-54319-X)
- [11] *) Torsten Braun, Martina Zitterbart: „Hochleistungskommunikation - Band 2 Transportdienste und -protokolle“: R. Oldenbourg-Verlag: München/Wien: 1996: (ISBN 3-486-23088-3).
- [12] Brockhaus-Enzyklopädie: in 24 Bänden, 19. völlig überarbeitete Auflage: F.A. Brockhaus GmbH: Mannheim: 1992 (ISBN 3-7653-1100-6).
- [13] Karl-Dieter Bunting: „Einführung in die Linguistik“: 10. Auflage: Athenäum Verlag GmbH: Königstein/Taunus: 1983 (ISBN 3-7610-2011-2).

-
- [14] Karl-Dieter Bunting, Henning Bergenholtz: „Einführung in die Syntax - Grundbegriffe zum Lesen einer Grammatik“: Athenäum Verlag GmbH: Königstein/Taunus: 1979 (ISBN 3-7610-2139-9).
- [15] Frank Buschmann, Regine Meunier: „A System of Patterns“: in: *Proceedings of the First International Conference on Pattern Language of Programming: Monticello, Illinois: 1994*: Addison-Wesley: 1995.
- [16] Frank Buschmann, Regine Meunier, Hans Rohnert, Peter Sommerlad, Michael Stal: „Pattern-Orientierte Software-Architektur“: Addison-Wesley Verlag: Bonn, Paris: 1998: (ISBN 3-8273-1282-5).
- [17] *) W. Bux: „Performance Issues in Local Area Networks“: in IBM Systems Journal, Vol. 23 , 4, 1984, S. 351-374.
- [18] Dieter Conrads: „Datenkommunikation; Verfahren-Netze-Dienste“: Friedrich Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 3. überarbeitete Auflage, 1996: (ISBN: 3-528-24 589-1)
- [19] *) Lothar Fietz: „Strukturalismus - Eine Einführung“: Reihe Literaturwissenschaft im Grundstudium - Band 15: Gunter Narr verlag Tübingen: 3. erweiterte Auflage: 1998: (ISBN 3-87 808 - 546 -X).
- [20] Konrad Froitzheim: „Multimediakommunikation – Dienste, Protokolle und Technik für Telekommunikation und Computernetze“: d-punkt.Verlag für digitale Technologie GmbH: Heidelberg:1997 (ISBN 3-920993-61-6).
- [21] Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, John Vlissides: “Entwurfsmuster“: Addison-Wesley: Bonn; 1996: (ISBN 3-89319-950-0).
- [22] Goldmann Taschenlexikon: Bertelsmann-Verlag: 1999 (ISBN 3-442-90 000-X).
- [23] *) Walter Goralski: „Introduction to ATM Networking“: McGraw-Hill: New York, San Francisco,...: 1995: (ISBN 0-07-024043-4).
- [24] *) J.L. Hammond, P.J.P. O’ Reily: „Performance Analysis of Local Computer Networks“: Addison-Wesley Publishing Company: 1986.
- [25] Stefan Jablonski, Markus Böhm, Wolfgang Schulze: „Workflow-Management – Entwicklung von Anwendungen und Systemen – Facetten einer neuen Technologie“: dpunkt – Verlag für digitale Technologie: Heidelberg: 1997: (ISBN 3-920993-73-X).
- [26] *) Gerti Kappel, Michael Schrefl: „Objektorientierte Informationssysteme – Konzepte, Darstellungsmittel, Methoden“: Springer Verlag: Berlin: 1996.
- [27] Knowledge Based Systems, Inc.: „*IDEF5 Method Report*“: prepared for: Armstrong Laboratory, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio: September, 1994.
- [28] Knowledge Based Systems, Inc.: „*Information Integration for Concurrent Engineering (IICE) toward a method for business constraint discovery (IDEF9)*“: prepared for: Armstrong Laboratory, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio: April 1995.
- [29] Knowledge Based Systems, Inc.: „*Information Integration for Concurrent Engineering (IICE) IDEF3 process description capture method report*“ College Station, TX: September 1995.

- [30] H. Lewe, H. Krcmar: "Computer Aided Team mit Group Systems: Erfahrungen aus dem praktischen Einsatz": in: Wirtschaftsinformatik: Jahrgang 35, Nr. 2, S. 111-119.
- [31] A. Kurz: „Data Warehousing – Enabling Technology“: MITP-Verlag GmbH: Bonn, 1999 (ISBN3-8266-4045-4).
- [32] T. W. Malone, K. Crowstone: „The Interdisciplinary Study of Coordination“:ACM Computing Surveys 26:1; S. 87 bis 119.
- [33] G. Mark, J.M. Haake, N.A. Streitz: „ The Use of Hypermedia in Group Problem Solving: An Evaluation of the Dolphin Electronic Meeting Room Environment“: in: Proc. of the 4th Conference. On CSCW, Stockholm, Sweden; S. 197-213: Kluwer Academic Press: 1995.
- [34] *) R.M. Metcalfe, D.R. Boggs: „Ethernet: Distributed Packet for Local Computer Networks: CACM Vol. 19, No. 7 (1976) S. 395 - 404.
- [35] J.F. Nunamaker, A.R. Dennis u.a.: „Electronic Meeting Systems to Support Group Work“: in: Communications of the ACM: Jahrgang 34, Nr. 7, S. 40-61.
- [36] PictureTel Corp.: „The Science of Videoconferencing 2“: PictureTel Corp.: Andover, MA: 1996.
- [37] August Wilhelm Scheer: „ARIS – Metamodelle, Anwendungen“; Springer Verlag: Berlin: 1998 (ISBN 3-540-64050-9).
- [38] *) August Wilhelm Scheer: „ARIS – Vom Geschäftsprozeß zum Anwendungssystem“; Springer Verlag: Berlin: 1998 (ISBN 3-540-63835-0).
- [39] *) August Wilhelm Scheer: „Wirtschaftsinformatik – Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse“; Springer Verlag: Berlin:1997: (ISBN 3-540-63728-1).
- [40] J.R. Searle: „Speech Acts – An Essay in the Philosophy of Language“: Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press: 1969.
- [41] J.R. Searle: „Expression and Meaning: Studies in the Theory of Speech Acts“: Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press: 1979.
- [42] Simon Wiedemann, „Kommunikation im Bauprozeß“; vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 1996.
- [43] T. Winograd, F. Flores: „Understanding Computers and Cognition: A new Foundation for Design“: Albex: Norwod, New Jersey: 1986.
- [44] W. Zimmer: „Relationships Between Design Patterns“ in: *Proceedings of the First International Conference on Pattern Language of Programming: Monticello, Illinois: 1994*: Addison-Wesley: 1995.
- [45] *) Martina Zitterbart: „Hochleistungskommunikation - Band 1 Technologie und Netze“: R. Oldenbourg-Verlag: München/Wien: 1995: (ISBN 3-486-22707-6).

ANHANG A3: Erläuterungen und Quellen zu Kapitel 3

Modelle von Hypertextsystemen

Der Begriff Hypertext kann wie folgt charakterisiert werden (vgl. auch [8]: Borghoff, S. 311):

- Der Informationsraum wird modularisiert.
- Zwischen Informationseinheiten werden Verbindungen definiert.
- Heterogene Informationen sind nichtlinear anordbar.
- Der Informationsraum kann durch „*Browsing*“ oder Navigation erschlossen werden.
- Heterogene Medien werden integriert.

Der überwiegenden Zahl von Hypertextsystemen liegt das allgemein bekannte Knoten-Kanten-Modell zugrunde. Dieses einfache Grundmodell wird meist noch erweitert, um die Darstellung und Verarbeitung multimedialer Information allgemeingültig sicher zu stellen.

Die gesamte in einem hypertextbasierten Informationsraum verfügbare Information ist in kleine, zusammenhängende Einheiten modularisiert. Diese Einheiten werden als Knoten bezeichnet. Das Modularisierungskonzept beinhaltet, dass mehrere Knoten als Nachfolger definiert werden können und andererseits ein Knoten der Nachfolger mehrerer Knoten und nicht nur Vorgänger von genau einem Vorgänger ist.

Die Komponenten eines Knotens sind: Identifikator, Knoteninhalt bestehend aus n Attributen und Referenzteil mit Deskriptoren und Schlüsselwörtern. Man unterscheidet typisierte Knoten, semistrukturierte Knoten und komplexe Knoten. Typisierte Knoten legen die Inhaltsart fest. Semistrukturierte Knoten legen die Inhaltsstruktur fest; die Inhalte können vom Nutzer festgelegt werden. Mehrere Knoten können zu einem komplexen Knoten zusammengefasst werden.

Die Verknüpfung der Knoten in einem Hypertextsystem werden als Kanten bezeichnet. Kanten beschreiben also assoziative Strukturen zwischen Knoten – ein Hypertextnetz. Kanten sind in der Regel Informationstripel bestehend aus Ausgangspunkt, Zielpunkten und Attributen. In den weiteren Betrachtungen wird zu diskutieren sein, ob es sinnvoll ist, pro Kante einen oder mehrere Zielpunkte zuzulassen. Mögliche Kantenattribute können beispielsweise sein: Zeitinformationen, Wertigkeit, Typ oder Zugriffsberechtigung.

Für die (grafische) Darstellung stellen Borghof, Schlichter [8] S. 320 drei Varianten vor:

- Darstellung des Knoteninhaltes und der Kantenanzeige erfolgen getrennt. Die Darstellung möglicher Zielpunkte und der Kanteneigenschaften kann hier beispielsweise durch ein separates Menü erfolgen.
- Einbettung der Kantendarstellung in die Knotendarstellung. Referentielle Kanten werden oft in dieser Form dargestellt. Die Unterscheidung zwischen Knoteninhalt und Kanteninformation kann durch Hervorhebung, unterschiedliche Textfonts o. ähnliches erfolgen.
- Einbettung der Kantenanzeige in allgemeine Übersichtsmittel wie Inhaltsverzeichnisse oder grafische Darstellungen. Bei dieser Darstellungsart werden die Kanten nicht explizit dargestellt, sondern die Kante ergibt sich aus der Semantik des Darstellungselementes.

Schon sehr früh wurde begonnen, den Informationsaustausch mit Hypertextsystemen zu beschreiben und zu modellieren und Unzulänglichkeiten des allgemeinen Knoten-Kanten-Modells durch zusätzliche Spezifikationen zu beheben. Ein Beispiel ist das u.a. in Borghoff ([8], S. 324) beschriebene „Dexter-Referenzmodell“.

Das Dexter-Referenzmodell besteht aus drei Ebenen:

- der Laufzeitebene – einer Beschreibung der Mensch-Maschine-Schnittstelle
- der abstrakten Speicherebene und
- der komponenteninternen Ebene – der internen Strukturbeschreibung von Hypertextknoten

Die abstrakte Speicherebene bildet das zentrale Element des Dexter-Referenzmodells. Neben der erläuterten Knoten-Kanten-Struktur verfügt die abstrakte Speicherebene noch über eine Zugriffsfunktion und eine Auslösefunktion.

Die Zugriffsfunktion ermöglicht den Zugriff auf Komponenten über Identifikatoren. Die Auflösungsfunktion wird benötigt, um die in der Kantenbeschreibung enthaltenen Informationen zum Zielknoten dynamisch berechnen zu können. Es lassen sich u.U. auch mehrere Zielknoten berechnen. Um eine ausreichende Knoteninhaltelement-Knoteninhaltselement-Verknüpfungsgenauigkeit zu erreichen, ist es im Dexter-Referenzmodell möglich, eine indirekte Adressierung von Ausgangs- und Zielpunkten durch eine Aufteilung der Kanten in Ausgangs- und Zielanker herzustellen. Jeder Anker besteht wiederum aus einem Identifikator und einem Wert.

In den bisher beschriebenen Modellansätzen war es nur möglich eine Knoten-Kantenstruktur dynamisch zu beschreiben. Die Reihenfolge, in der Knoten durchlaufen werden sollen, konnte nicht modelliert werden. Borghoff und Schlichter beschreiben deshalb in [8] S. 331 das Trellis-Modell. Dieses Modell basiert auf Petri-Netzen und ist somit in der Lage, gerichtete Pfade in Netzstrukturen zu beschreiben. In der Literatur sind weiterführende Anwendungsmöglichkeiten beschrieben, so z.B. die Anwendung zur Formalisierung von Koordinationsstrukturen durch die Ergänzung um den Faktor Zeit.

Quellen zu Kapitel 3

- [3] Christopher Alexander: „The Timeless Way of Building“: Oxford University Press: New York, 1979: (ISBN 0 – 19 – 502402 – 8).
- [4] Christopher Alexander u.a.: „Eine Mustersprache“: Löcker Verlag GmbH, Wien: 1995.
(ISBN 3 – 85 409 – 179 – 6) Übersetzung der englischen Originalausgabe: „A Pattern Language – Towns, Buildings, Construction“: Oxford University Press: New York, 1977.
- [46] *) Mark S. Ackermann (Editor): „Computer Supported Cooperative Work“, Conference Proceedings: acm Press: New York: 1996.
- [47] Subbiah Arunachalam: „Information und Wissen im Zeitalter der elektronischen Kommunikation aus der Perspektive der Entwicklungsländer“: in: [58]: S. 269 bis S. 294.
- [8] Uwe M. Borghoff, Johann H. Schlichter: „Rechnergestützte Gruppenarbeit - Eine Einführung in Verteilte Anwendungen“: 2. Auflage: Springer Verlag: Berlin, Heidelberg, 1998:
(ISBN 3-540-62873-8).
- [48] Thomas Breiting: „Analyse, Design und Implementierung von Software zur Steuerung von Bauprojekten in internationalen, interdisziplinären Entwurfsteams“: Diplomarbeit, TU-Braunschweig, FB Bauingenieur- und Vermessungswesen: Braunschweig, 1997.
- [49] Martin Bruns: „Konzept zur Einführung von Computer Aided Facilities Management in Industrieunternehmen“: Diplomarbeit, TU-Braunschweig, FB Bauingenieurwesen: Braunschweig, 1999.
- [50] Danilo Fiedler: „Informationsmanagement und Synchronisation paralleler Planungsprozesse in virtuellen Teamstrukturen“: Diplomarbeit Fak. Bauingenieurwesen: TU Dresden: 2001.
- [51] Hans Jörg Fuhr: „Bauen nach Smart“: Hrsg.: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein SIA und Schweizerischer Baumeisterverband SBV: Basel [u.a.] : Birkhaeuser, 1998.
(ISBN: 3-7643-5923-4)
- [52] Richard Furuta, Christine Neuwirth (Editoren): „Computer Supported Cooperative Work“, Conference Proceedings: acm⁵⁶-Press: New York: 1994.
- [25] Stefan Jablonski, Markus Böhm, Wolfgang Schulze: „Workflow-Management – Entwicklung von Anwendungen und Systemen – Facetten einer neuen Technologie“: dpunkt – Verlag für digitale Technologie: Heidelberg: 1997: (ISBN 3-920993-73-X).
- [53] Hans-Jörg Bullinger (Hrsg): „Effizientes Informationsmanagement in dezentralen Organisationsstrukturen“: Springer Verlag: Berlin, Heidelberg: 1999: (ISBN 3-54 064 546-2).

⁵⁶ acm Association for Computing Machinery

- [54] M. Keller, K. Menzel, M. Bruns, M. Karr, B. Schlichting: „Fabrikplanung und Computer Aided Facility Management - Verfahren zur Ermittlung von Synergieeffekten - “: in: VDI-Fortschrittberichte Reihe 4 Nr. 156, S. 49 - S. 56: VDI-Verlag, Düsseldorf, 1999.
- [55] Martin Keller: „Analyse zur Ermittlung von Synergieeffekten bei der Integration von Computer Aided Facility Management, Anlagenwirtschafts- und Fabrikplanungssoftware“: Diplomarbeit, TU-Braunschweig, FB Bauingenieurwesen: Braunschweig, 1999.
- [56] Olaf Kracht: „Inhaltliche Grundlagen der Prozeßkette Anlagenwirtschaft“: Diplomarbeit, TU Dresden, Fak. Bauingenieurwesen: Dresden, 1992.
- [57] Olaf Kracht: „Untersuchung zur Prozeßkette Anlagenwirtschaft im Werk 10 - Ergänzende Studie zur Diplomarbeit an der TU Dresden in Zusammenarbeit mit der Mercedes Benz AG Werk Untertürkheim - ”: unveröffentlichte Werkstudie, Mercedes Benz AG/TU Dresden: Untertürkheim/Dresden, 1992.
- [58] Wilhelm Krull (Hrsg.): „Zukunftsstreit – Eine Symposienreihe der Volkswagen-Stiftung“: Velbrück Wissenschaft: Weilerswist: 2000 (ISBN 3-934730-17-5).
- [59] Karsten Menzel, “Multi-National Information and Decision Support System for Building Materials, Systems and Components”: In: Proceedings of the Fourth Congress on Computing in Civil Engineering, S. 216 - S. 223 American Society of Civil Engineers: Philadelphia, PA/ New York, NY: 1997.
- [60] Karsten Menzel (Editor): „Beiträge für ein Konzept zur Einführung von Computer Aided Facility Management“: Abschlussbericht für die Volkswagen AG, Werk Wolfsburg: TU Braunschweig, 1999 (unveröffentlichte Werkstudie).
- [61] P.J. Pahl, R. Damrath: „Mathematische Grundlagen der Ingenieurinformatik“: Springer Verlag: Berlin, Heidelberg: 1995.
- [62] B. Roberston: „The Information Factory“: in: R.S. Wurman: „Information Architects“:
- [63] Heiko Röhl: „Instrumente der Wissensorganisation – Perspektiven für eine differenzierte Interventionspraxis“: Deutscher Universitätsverlag Wiesbaden: 2000: (ISBN 3-8244-6977-4).
- [64] Herbert Simon: „Comments on the Theory of Organizations“: in: American Political Science Review: Nr. 46: S. 1130 – 1139.
- [65] Norbert Streitz, Shin’ichi Konomi, Heinz-Jürgen Burkhardt: „Cooperative Buildings“, Proceedings of the First Workshop, CoBuild ‘98: Springer Verlag: Berlin, Heidelberg,...: 1998: (ISBN 3-540-64237-4).
- [66] Andreas Weller: „Dezentralisierung in produzierenden Unternehmen“: in: [53].
- [67] Workflow-Management Coalition: „The Workflow Reference Model“: Technical Document No. WFMC-TC-1003: 1995.

ANHANG A4: Erläuterungen und Quellen zu Kapitel 4

Tabelle 31: Sprechakte zur Definition der dv - gestützten Ökobilanzierung

Nr.	Name := Subjekt	Prädikat	Objekt
R_1	WISSENSCHAFTS- METHODEN	UNTERSTÜTZEN	STRUKTURIERTES VORGEHEN
R_10	ABSTRAKTION	BILDET	ALLGEMEINE BEGRIFFE
Ö_100	Unabhängigkeit	wird erreicht	durch abstrakte Ebenen
Ö_101	<i>Fachspezifik</i>	<i>bildet</i>	<i>logische & fachspez. Ebene</i>
Ö_1010	Granularität	fordert	genaueste Datenerfassung
Ö_102	<i>Vergleichbarkeit</i>	<i>bildet</i>	<i>vergleichbare, überführbare Elemente</i>
Ö_103	Schnittst.-aufbau	wird beschrieben	durch wenige, allgemeine Elemente
R_11	DEKOMPOSITION	GLIEDERT	IN TEILBEREICHE
Ö_110	Separierung	gliedert	in Ablauf- & Datenmodell
Ö_1100	Ablaufmodell	legt fest	Teilschritte
Ö_111	<i>Lokalisierung</i>	<i>gliedert</i>	<i>in örtliche Aspekte (Produktion)</i>
Ö_1110	Mengenstellen	legt fest	Abfüllort
Ö_112	<i>Diskretisierung</i>	<i>gliedert</i>	<i>in zeitliche Aspekte</i>
Ö_1120	Lebenszyklus	beschreibt	gesamten Lebenszyklus
Ö_113	<i>Organisation</i>	<i>gliedert</i>	<i>in organisationale Aspekte</i>
Ö_1130	Basiseinheiten	legt fest	Abteilungen und Werkteile
Ö_1131	Oganis. Abhängigk.	legt fest	Beziehungen zwischen Basiseinheiten
Ö_114	<i>Funktion</i>	<i>gliedert</i>	<i>in funktionale Aspekte</i>
Ö_1140	Basisfunktionen	legt fest	atomare Funktionen
Ö_1141	Funkt. Abhängigk.	legt fest	Beziehungen zwischen Basisfunktn.
R_12	FORMALISIERUNG	LIEFERT	WIDERSPRUCHSFREIHEIT
Ö_120	Bezeichnungen	definieren	einheitliches System
Ö_121	Theorie	definiert	Grundlage
Ö_122	Gleichungen	beschreiben	mathematische Zusammenhänge
R_13	SYNTHESE	VERKNÜPFT	ZU EINEM GANZEN
Ö_130	<i>Mapping</i>	<i>beschreibt</i>	<i>Überführung vergleichbarer Inhalte</i>
Ö_131	<i>Aggregation</i>	<i>erfolgt nach</i>	<i>Aggregationsregeln</i>
Ö_1310	Aggregation	definiert	Überführungsregeln für atomare Daten
Ö_1311	Gruppierung	gliedert	nach (Wirkungs)kategorien

LEGENDE:

R_xx	Makro-Ebene	nur Sprechakte
Ö_xxy	Median-Ebene	Sprechakte werden in Muster überführt
Ö_xxyz...	Mikro-Ebene	Sprechakte werden in Muster und diese in Moduln überführt

R:=	Root-Objekt-ID	Ö:=	Öko-Objekt-ID	(materielle Ressourcen)
		K:=	Konstruktions-Objekt-ID	(Kooperationsräume)
		L:=	Lehr-Objekt-ID	(immaterielle Ressourcen)

Notwendigkeit für ökologisches Bauen

Humanökologisch orientiertes Bauen setzt Umweltschutz voraus und beinhaltet sowohl baubiologische Aspekte, also die Sorge für die Gesundheit des einzelnen Individuums, als auch die Sorge für die Bewahrung gemeinschaftlicher Ressourcen. Ziel ist es auf breiter Ebene umweltschonende Maßnahmen zu ergreifen. Nach der modellhaften Umsetzung bei Einzelbauvorhaben bedarf es der Anwendung ökologischer Prinzipien im Massenwohnungsbau und Gewerbebau. Dies ist nicht zuletzt eine soziale Verpflichtung, um unsere Umwelt nachhaltig zu entlasten.

Seit der industriellen Revolution fand in einer extrem kurzen Spanne eine enorme Entwicklung von Wirtschaft und Technologie einhergehend mit einem bis dahin ungekannten Bevölkerungswachstum statt. Die Nutzung fossiler Energieträger war dafür eine Grundvoraussetzung. (vgl. [92], Hirsch u.a., S. 1.1.2). In diesen fossilen Energieträgern wurde über Jahrmillionen hinweg Sonnenenergie gespeichert. Der Abbau dieser gespeicherten Energie in relativ kurzer Zeit stellt einerseits einen massiven Raubbau dar und führt andererseits zu einer massiven Störung des Gleichgewichts der Erdatmosphäre durch Freisetzung von bisher fest gebundenem Kohlendioxid (CO₂). Die weltweite jährliche CO₂Emission aus fossilen Energieträgern betrug 1860 noch unter 0,1 Mrd. t, 1936 unter 1 Mrd. t, 1960 etwa 2 Mrd. t und liegt jetzt bei deutlich über 5 Mrd. t ([76], S. 68). In Anerkennung dieser Tatsache verlagert sich die Diskussion nunmehr in Richtung einer Gesamtbetrachtung der Klimasituation der Erde, bei der die CO₂-Belastung die zentrale Rolle einnimmt, nachdem lange Zeit Schwefeldioxid als maßgebender Wert für Luftbelastungen galt.

Treibhauseffekt

Der CO₂-Gehalt der Erdatmosphäre betrug in den letzten 250.000 Jahren zwischen 220 ppmv und 280 ppmv (Schwankungsbreite zwischen Eis- und Warmzeit ca. 22%). In den letzten ca. 100 Jahren stieg dieser Wert durch menschliche Einflüsse jedoch um 30% ([76],S. 19). Die Regulierung der anthropogenen Klimabeeinflussung stellt also eine wichtige Aufgabe für die internationale Klimapolitik dar. Neben dem Kohlendioxid fördern jedoch weitere Gase den Treibhauseffekt (Tabelle 32). Treibhauseffekt bedeutet, dass diese Gase wie das Glas eines Treibhauses von der Erdoberfläche ausgestrahlte Wärmestrahlung abschirmen und somit eine Temperaturerhöhung auf der Erde erzeugt wird. Die daraus resultierenden Folgen sind mittlerweile weitestgehend wissenschaftlich abgesichert ([76],S. 41).

- Anstieg der globalen bodennahen Durchschnittstemperatur in den letzten hundert Jahren um 0,5°C
- Anstieg der Oberflächentemperaturen von tropischen Ozeanen um 0,5°C
- Zunahme der mittleren Windgeschwindigkeit in der nördlichen Hemisphäre
- Zunahme der Niederschläge seit 1950 um 5% in mittleren und hohen Breiten
Massenabnahme der Gebirgsgletscher (z. B. 50 % in den Ostalpen)
- Anstieg des Meeresspiegels in den letzten 100 Jahren um 10-20 cm.

Eine weitere Erhöhung der Durchschnittstemperatur in den nächsten 100 Jahren um 2-5°C wäre Folge von weiteren ungebremsten Emissionen.

Tabelle 32: Wichtigste treibhausrelevante Spurengase (nach [76], S. 25-30)

Atmosphärisches Mischungsverhältnis	Kohlendioxid	Methan	Distickstoffoxid	Halogenierte Kohlenwasserstoffe	
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC-11	CFC-12
	ppmv	ppbv	ppbv	piplo	ppbv
1765	279,00	790,0	285,00	0,0000	0,0000
1900	295,72	974,1	292,02	0,0000	0,0000
1960	316,24	1272,0	296,62	0,0175	0,0303
1970	324,76	1420,9	298,82	0,0700	0,1211
1980	337,32	1569,0	302,62	0,1575	0,2725
1990	353,93	1717,0	309,68	0,2800	0,4844
Atmosphärische Verweilzeit (Jahre)	120	10,5	132	55	116
Treibhauspotential relativ zu CO₂	1	35	260	4500	17100
prozentualer Anteil am anthropogenen Treibhauseffekt der 80er Jahre (direkter Effekt)	50	13	5	24	
Entstehung	vorrangig Verbrennung fossiler Brennstoffe	Brandrodung, Erdgasleckagen, Stoffwechselvorgänge	mineralischer Stickstoffdünger, anthropogener Anteil: 60%	FCKW's und Folgemittel als Treibmittel	

Gebaute Umwelt ist stark durch menschliche Einflüsse geprägt, wie begradigte Flußläufe, Felder, Straßen, Gebäude und Städte. Diese künstlichen Elemente schaffen ihre eigenen (Mikro-)Ökosysteme und beeinflussen damit zunehmend unser natürliches globales Ökosystem. Nachhaltige Entwicklung oder nachhaltige Entwurfsgrundsätze bemühen sich jedoch, künstlich geschaffenen Elemente in das natürliche Ökosystem zu integrieren und in das Gleichgewicht einzubeziehen. D.h. unsere gebaute Umwelt muss integraler Bestandteil natürlicher Kreislaufprozesse werden. Die vom Menschen entnommenen Ressourcen müssen diesem Kreislauf nach ihrer Nutzung auf möglichst hohem Niveau wieder zugeführt werden können.

Die beim nachhaltigen Entwerfen zu beachtenden interdisziplinären Zusammenhänge stellen eine interessante, aber gleichzeitig komplexe Herausforderung für umweltbewusste Architektur und Bauplanung dar. Es ist nicht mehr länger sinnvoll, den bisherigen analytischen Weg zu gehen, bei dem jedes Problem für sich getrennt betrachtet, gelöst und zum Schluss mit anderen Problemlösungen zusammengeführt wird. Vielmehr müssen die einzelnen Problemstellungen als eine Einheit gesehen und im Zusammenhang bewältigt werden. Hierzu ist interdisziplinäre Zusammenarbeit nötig.

Um eine ökologisch nachhaltige Entwicklung im Planungs- und Bauprozess zu erzielen, bedarf es der Berücksichtigung wichtiger Randbedingungen, die im Drei-Säulen-Modell von Erat [81] zusammengefasst sind.

Tabelle 33: Aspekte des nachhaltigen Entwerfens (nach [81])

Lebensraum	Energie und Material	Mensch
Natürliche Umwelt und ihre Historie Boden, Topographie Oberfläche und Grundwasser Flora und Fauna Mikroklima Biotope und Ökosysteme	Adäquater und optimierter Energieverbrauch Reinigungsprozesse Reduzierte Transportvorgänge (Mensch und Güter) Geschlossene, kurze Materialkreisläufe, die in den natürlichen Kreislaufprozessen (Luft, Wasser, Boden) integriert sind. Nachhaltige Wirtschaft	Soziale Faktoren Lokale Lebensumstände Wissen, Fähigkeiten und Erfahrung Sozial- psychologische Faktoren
Gebaute Umwelt und ihre Historie Gebäude Technische Systeme Kommunikationsmittel Bewirtschaftete Umwelt		Kooperation, Synergien Integriertes Arbeiten und Entscheiden Interdisziplinäre wissenschaftliche und berufliche Zusammenarbeit Demokratische, verantwortliche Entscheidungsprozesse Ästhetische und geistige Schönheit

Ausgewählte Zieldimensionen für den Bereich 'Bauen und Wohnen'

Tabelle 34: Ausgewählte Zieldimensionen für den Bereich 'Bauen und Wohnen'

(nach: [77], Bundestag97, S. 107 Abb. 5 und [78], Bundestag98, S. 234 Abb.15)

Ökonomische Dimension	Ökologische Dimension	Soziale Dimension
Minimierung der Lebenszykluskosten von Gebäuden (Erstellung, Betrieb, Instandhaltung, Rückbau, Recycling etc.)	Reduzierung des Flächenverbrauchs Beendigung der Zersiedelung der Landschaft Geringhaltung zusätzlicher Bodenversiegelung und Ausschöpfung von Entsigelungspotentialen	Sicherung bedarfsgerechten Wohnraums nach Alter und Haushaltsgröße; erträgliche Ausgaben für "Wohnen" auch für soz. Gruppen mit geringem Einkommen im Sinne eines angemessenen Anteils d. Haushaltseinkommens
Relative Verbilligung von Umbau- und Erhaltungsinvestitionen im Vergleich zum Neubau	Orientierung der Stoffströme im Baubereich an den Zielen der Ressourcenschonung	Schaffung eines geeigneten Wohnumfeldes, soziale Integration, Vermeidung von Ghettos
Optimierung der Aufwendung für technische und soziale Infrastruktur	Vermeidung der Verwendung und des Eintragens von Schadstoffen in Gebäude bei Neubau, Umbau und Nutzung; Beachtung dieser Prinzipien bei der Schließung des Stoffkreislaufs bei Baumaterialien	Vernetzung von Arbeiten, Wohnen und Freizeit in der Siedlungsstruktur "Gesundes Wohnen" innerhalb wie außerhalb der Wohnung
Verringerung des Subventionsaufwandes	Verringerung der CO ₂ -Emissionen der Gebäude im Sinne des Beschlusses der Bundesregierung zur 25%-igen Reduktion insgesamt bis zum Jahr 2005	Erhöhung der Wohneigentumsquote unter Entkopplung von Eigentumbildung und Flächenverbrauch Schaffung bzw. Sicherung von Arbeitsplätzen im Bau- und Wohnungsbereich

Bautechnik und Gesellschaft

Mit Bautechnik werden die Lebensbedingungen einer Gesellschaft zu einem wesentlichen Teil gestaltet. Die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen andererseits beeinflussen Inhalt und Intensität der Weiterentwicklung von Bautechnik. Im Gegensatz zu vielen anderen angewandten Wissenschaften, ist der Berufsstand des „Baumeisters“ sehr alt und eng mit der Entwicklungsgeschichte der Zivilisation verbundener. Um die heutigen Diskussionen zum Thema nachhaltiges Bauen für die Informationsgesellschaft besser nachvollziehen zu können, beschäftigt sich der folgende Abschnitt mit folgenden Themen:

- (1) Historischer und gesellschaftlicher Abriss zum Thema
- (2) Überblick Entwicklung der Baustoffe
- (3) Überblick zur Erzeugung und Nutzung von Energie
- (4) Analyse des Einflusses der Informationstechnik auf das Bauen

Historischer und gesellschaftlicher Abriss

In Mitteleuropa waren bis in die Mitte des 20. Jh. im ländlichen Raum noch sehr einfache Wohn- und Lebensformen überwiegend auf der Basis von Ackerbau und Viehzucht anzutreffen. Ein bedeutender Teil unserer Elterngeneration ist noch in ländlich geprägten Gebieten aufgewachsen. Der ökologische Kreislauf war noch nahezu intakt. Dieser Zustand veränderte sich nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges infolge politischer und geografischer Neuordnung in Mitteleuropa. Städtische (oder proletarische) Lebensformen wurden bewundert oder zum Leitbild erklärt, je nach vorherrschendem politischem System. Warum akzeptieren die Menschen einerseits dieses Leitbild, sind bereit den überwiegenden Teil ihrer Zeit in geschlossenen Räumen, Autos oder Verkehrsmitteln zu verbringen? Warum akzeptieren sie es, Emissionen ausgesetzt zu sein?

Was veranlasst andererseits die Menschen, nachdem sie familiäre Bindungen eingegangen sind, dieses Leitbild zu modifizieren und das Wohnen vom Arbeiten zu trennen? In Abhängigkeit von den individuellen wirtschaftlichen Möglichkeiten versuchen wir derzeit einem Leitbild zu folgen, das die Vorzüge der Urbanität der Stadt mit den Vorzügen des naturnahen Wohnens zu verbinden sucht. Der Preis, den wir für die Umsetzung dieses Lebensbildes aus ökologischer Sicht zahlen, ist zu hoch; die Entwicklung dieses Lebensbildes jedoch nicht neu.

Obwohl in Mittel- und Nordeuropa die gesamte kulturelle und bautechnische Entwicklung später als beispielsweise bei den Inkas, den Ägyptern oder in China begann, bildeten sich im städtischen Raum ab dem frühen Mittelalter komplexe Strukturen mit Zünften und Handel heraus. Damit verbunden war die Entwicklung von Stadtstrukturen in beträchtlichem Ausmaß. Viele alte Kulturen kannten und verwendeten Kanalisationssysteme. Diese waren in vielen mitteleuropäischen Städten bis ins 19. Jh. hinein jedoch nicht vorhanden. Die Folge waren hygienische Probleme und große Epidemien, die erste große Pestausbreitung datiert auf die Jahre 1348/50 (vgl. z.B. [118] S.13). Der im 15. und 16. Jh. einsetzende Frühkapitalismus (Fugger, Welser) schaffte wirtschaftliche, technische und gesellschaftliche Grundlagen für weitere Entwicklungen auch für prägende naturwissenschaftliche Erkenntnisse, wie das kopernikanische Weltsystem (Kopernikus 1473 bis 1543) oder Untersuchungen zur Fall- und Wurfbeschleunigung (Galilei 1564 bis 1642) also die Begründung der modernen Kinematik.

Die Ende des 18. Jahrhunderts beginnende industrielle Revolution beschleunigte auch die wissenschaftlichen Entwicklungen und erweiterte deren Umfang; so beschäftigte sich beispielsweise Carl-Friedrich Gauß (1777 bis 1855) mit algebraischen, zahlentheoretischen, analytischen und geometrischen Problemen, förderte aber auch erste telegraphische Versuche. Zweifellos ist die Einführung der Dampfmaschine eine der wohl grundlegendsten Einschnitte in die Entwicklung des Manufakturwesens und Grundstein für die industrielle Massenproduktion. Damit wurde die bis dahin ungekannte Ausweitung der Städte möglich und nötig. Während der Umwälzung von der Agrar- zur Industriegesellschaft stand der Landflucht ein extremes Bevölkerungswachstum in den Städten gegenüber. In Deutschland erfolgte diese Entwicklung in zwei Schüben ab 1850 und nach 1871 als Ergebnis des Deutsch-Französischen Krieges und der damit verbunden Reichgründung. Mietskasernen der Gründerjahre, ein dichtes Eisenbahn- und Wassertrassennetz zeugen von dieser Zeit. Im städtischen Bereich entwickelten sich neue, durch Anonymität und Entfremdung geprägte Lebensformen. Ärmlichste und beengte Wohn- und Lebensverhältnisse, Wohnungsmangel und Überbelegung des Wohnraums entzogen der im Mittelalter geprägten Lebensform der Großfamilie in den Städten ihre Grundlagen.

Die Bautechnik ermöglichte die schnelle Erstellung von Industrie-, Gewerbe- und Wohnbauten. Soziale Aspekte, insbesondere des Wohnens, wurden vernachlässigt. Hygienische Probleme hinsichtlich Belichtung, Belüftung und Kanalisation wurden zu wesentlichen Fragen dieser Zeit. Diesbezügliche Anforderungen wurden u.a. durch Pettenkofer formuliert. Antworten und Lösungsbeispiele wurden bis ins beginnende 20. Jh. entwickelt und realisiert, so z.B. in der Entwicklung der Gartenstädte wie Dresden-Hellerau oder der Stuttgarter Weißenhofsiedlung (vgl. z.B. [99]).

Die beiden Weltkriege demonstrierten in dramatischer Art und Weise, wie Technik, auch Bautechnik, missbraucht werden kann und wie konfliktreich der Umgang mit diesen Ergebnissen der Bautätigkeit bis heute sein kann, so beispielsweise mit der ehemaligen „KDF-Anlage“ in Prora, U-Boot Bunkern in Norddeutschland oder Luftschutzbauten in großen deutschen Städten. Zugleich kam es jeweils zu Kriegsende zu schweren Einschnitten in die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung Mitteleuropas, die wiederum zu pragmatischen, ressourcensparenden Bauweisen, insbesondere im Wohnungsbau, jeweils nach den Kriegen führten.

Der Konflikt zwischen zwei Gesellschaftssystemen, ungezügelter Fortschrittsgläubigkeit und Wirtschaftswachstum prägten die Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg. Der Rückzug in die Kleinfamilie ist in allen Teilen Europas, aber auch in Nordamerika, Japan oder Australien für diese Zeit kennzeichnend. Aufgrund der sich entwickelnden Mobilität durch das Auto und öffentliche Verkehrsmittel fand eine starke flächenmäßige Ausdehnung der Städte statt. Das Schaffen großzügiger Verkehrslösungen, sowie die Ausweisung und Erschließung neuer Baugebiete standen im Mittelpunkt der stadtplanerischen Entwicklung, Kriegsschäden innerhalb der Städte wurden beseitigt und gaben Raum für neue Planungsgrundsätze.

Mit dem Beginn der siebziger Jahre wurde diese Entwicklung zunehmend hinterfragt. Im Zuge der familien-, wohnungspolitischen sowie bildungspolitischen sozial begründeten Reformbewegungen wurde auch der Umweltpolitik ein höherer Stellenwert eingeräumt.

Entwicklung der Baustoffe

Bereits in einem sehr frühen Planungsstadium eines Bauwerkes ist die Auswahl eines großen Teils der Baustoffe und Baukomponenten erforderlich, um die zur Realisierung von geforderten Nutzungsfunktionen gewählten Konstruktionen genügend genau beschreiben zu können. Zur Beurteilung der Baustoffe und –komponenten sind deren Nutzungsqualität, deren Wirtschaftlichkeit hinsichtlich Beschaffung und Betrieb sowie Belange der Umwelt wie Art der Rohstoffgewinnung, Herstellungsverfahren, Einbau- und Montagetechnologien und schließlich die Verwertung nach Ablauf der Nutzungsfrist zu berücksichtigen.

Art und Umfang der Beurteilung von Baustoffen haben sich in den letzten ca. einhundert Jahren wesentlich verändert. Die oben beschriebenen technischen Möglichkeiten haben dem Bauen eine ungeahnte Materialvielfalt beschert. Damit vergrößerte sich aber zugleich die Anzahl der problematischen Produkte für Umwelt und Gesundheit. Der wesentliche Unterschied zu den bis vor ca. einhundert Jahren überwiegend benutzten örtlich vorkommenden Materialien wie: Holz, Naturstein, Kalk, Lehm oder Ton ist die sehr geringe Erfahrung beim Umgang mit den synthetisch hergestellten Baustoffen. Insbesondere das Langzeitverhalten und die Auswirkungen auf die Nutzer konnten im Vergleich zu naturnahen, traditionellen Baustoffen nur ungenügend lange beobachtet und analysiert werden.

Die Darstellung der Entwicklungen im Bereich der Baustoffe erfolgt beispielhaft an einer von Schulze-Darup entwickelten Übersicht ([118], S 14 ff):

Tabelle 35: Entwicklung wesentlicher Baustoffe – Teil 1

		naturbelassen	verarbeitet	Komposit-Baustoff
Archaische Baustoffe	Ton, Lehm, Naturstein, Holz andere vegetabile Materialien, Felle und Haare von Tieren	X		
6000 v. Chr.	gebrannter Ton / Keramik in China		X	
5000 v. Chr.	Holzschutz mittels Ankohlen der Oberfläche	X		
4000-2000 v. Chr.	gebrannte Ziegel in der Harappakultur, Indien		X	
2000-1500 v. Chr.	Ausbreitung und Verwendung von Kupfer in Mittel- & Nordeuropa		X	
Ab 1200 v. Chr.	Verwendung von Eisen, zunächst Ostanatolien; ab 1000 v.Chr. ägäischer Raum, Italien, Balkan, Mittel- & Westeuropa; ab 6. Jh.v.Chr. Mittelmeerraum, Indien, Nordchina		X	
Ca. 500 v. Chr.	Holzschutz mittels insektenwidriger Öle (Nardenöl)	X		
Ca. 100 v. Chr.	Holzschutz mit Erdpech oder Naturbitumen (z. B. für Schiffe)	X		
Römisches Reich	Opus Caementum (römischer Beton) unter Verwendung von Schalungen und vereinzelt Bewehrungen	X		x
1. Jh. n. Chr.	Einsatz von Glasscheiben im Bauwesen (römisches Reich)		X	X
frühes Mittelalter	Einsatz von Glas nördlich der Alpen bei Sakralbauten		X	X
ab 7. Jh.	Eisenindustrie, zunächst in der Steiermark, ab 9. Jh. in Böhmen, Sachsen, Thüringen, Harz, Elsaß, Niederrhein		X	
13. Jh.	mittelalterliche Holzbauten, konstruktiver Holzschutz sowie Rezepturen auf Arsen- und Kupferbasis, Fachwerkkonstruktionen mit Lehmausfachungen		X	
ab 16. Jh.	Verwendung von Zink			

Tabelle 36: Entwicklung wesentlicher Baustoffe – Teil 2

		naturbelassen	verarbeitet	Komposit-Baustoff
1825	Aluminium erstmals von Örsted hergestellt, Weltproduktion 1900: 5700 t; 1989: 18,1 Mio. t		X	
1832	Holzschutzmittel Sublimat (erste Patentanmeldung); 1938 Holzschutz mittels Kesseldruckimprägnierung (Patent, England), Einbringung von Steinkohlenteerpech; Holzschutz mit Zinkchlorid (Patent)		X	
1839	erster Kunststoff: vulkanisierter Kautschuk (C. Goodyear) durch chemische Veränderung des Naturkautschuks			
ab 1850	Stahlbauten (Eiffelturm 1889)		X	
ab Mitte 19. Jh.	Massenproduktion von Glas für Fensterverglasung			
1867	Patent für Bewehrung in Beton an Monier, Frankreich			X
1879	Patent: Herstellung dampfgehärteter, mineralischer Baustoffe (Kalksandstein)		X	
1889	Patent zur Herstellung von Zement- o. Gipsmörtel mit Luftporen			X
ab Ende 19. Jh.	Verbesserte Fenstertechniken: Mehrfachfenster / Kastenfenster	X		
1907	erster vollsynthetischer Kunststoff: Bakelit, hergestellt aus Phenolharzen (I.H. Baekeland)			X
ca. 1910	Beginn des chemischen Holzschutzes bei Wohngebäuden			X
1914	Patent für die Luftporenbildung bei Kalk, Wasser und Metallpulver (Vorläufer des Porenbetons; Aylsworth/Dyer)			X
ab 1920	Zellulosedämmstoff in Schweden, Kanada, USA Polyacryl, Polystrol Produktion von chlorierten Naphthalinen	X		X
1924/27	Porenbeton (Eriksson)			X
ca. 1930	Polyvinylchlorid (PVC)			X
1933	Leichtstein aus Portlandzement und Quarzmehl			X
ab 1940	Polyethylen (HDPE), Polyamid, Polyurethan, Silicon, Epoxidharz Holzschutz mit chlorierten Kohlenwasserstoffen (DDT)			X
ca. 1950	Polyethylen (LDPE), Polycarbonat, Polypropylen			X
ab 1960	PCP in Holzschutzmitteln und als Weichmacher in Fugenmassen Marktausbreitung von Isolierverglasung ($k = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$) Kunststoffvergütungen zur Materialoptimierung (Farben, Mörtel, Kleber, Spachtel, Estrich, Beton etc.)			X
Mitte 60er Jahre	Wärmedämmverbundsysteme (Polystyrol- & Mineralwolldämmpl.)			X
Ende 60er Jahre	Aluminium als Fassadenmaterial			X
ab 70er Jahre	Gummilippendichtungen bei Fenstern und Türen			X
Anfang 80er Jahre	vermehrte Markteinführung von Naturfarben -baustoffen	X		
1983	Zellulosedämmung (BRD)	X		
1985	Wärmeschutzverglasung ($k = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$)		X	
1990	Superglazing (Verglasungen $k = 0,5-1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$)			X
1993	Chemikalienverbotsverordnung			
1995	Gefahrstoffe: Neufassung der TRGS 900 (Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz) und TRGS 905 (Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe);			
ab 1995	Aufbau von Gefahrstoff- und Baustoff-Informationssystemen			

Möglichkeiten zur Wiederverwendung von Baumaterialien

Tabelle 37: Möglichkeiten zur Wiederverwendung von Baumaterialien

([74], Daniels, S. 23)

Naturnahe Baustoffe	Bearbeitete Baustoffe	Komposit-Baustoffe
<p>Mineralische Baustoffe Mineralische Baustoffe wie Beton, Kalksandstein und Ziegel lassen sich gut wiederverwerten. Leichtbaustoffe wie Leichtputze, Gips, Porenbeton können über separate Kreisläufe der Neuproduktion dieser Baustoffe wieder zugeführt werden.</p>	<p>Glas Das Glasrecycling besteht in der Regel aus einer langen Down-Cycling-Kette vom Flachglas über Gussglas zu Behälterglas, wobei für eine Verwertung die Reinhaltung beim Ausbau entsprechender Scheiben entscheidend ist.</p>	<p>Bituminöse Stoffe Im Bereich bituminöser Stoffe ist Bahnenware recyclingfähig, Beschichtungen auf Basis mineralischer Stoffe können unproblematisch als Schotter wiederverwendet werden. Beschichtungen auf Dämmstoffen sind nur mit hohem Aufwand zu trennen und müssen in der Regel endgültig entsorgt werden. Gleiches gilt auch für Verbundstoffe.</p>
<p>Holz Holz kann in Form von Spänen verarbeitet oder thermisch verwertet werden. Bei älteren, behandelten Hölzern ist freilich zu prüfen, ob Schadstoffbelastungen (z.B. PCB) eine Verwertung erschweren. Zur besseren Wiederverwertbarkeit ist darauf zu achten, dass schwermetallfreie Holzimprägnierungen eingesetzt werden.</p>	<p>Metalle Metalle können in der Regel ohne Qualitätsverlust wieder aufbereitet bzw. wiederverwendet werden. Beschichtungen schränken das Recycling allerdings ein.</p>	<p>Dämmstoffe Polystyrol kann als Dämmstoff im Recyclingprozess wieder eingesetzt werden (Granulat, Dämmschüttung, neue Platten). Mineralfaserplatten im Bereich des Innenausbaus sind zur Zeit nicht verwendbar, da die mögliche Gesundheitsgefährdung durch gealterte Fasern nicht endgültig geklärt ist. Schaumglas kann hingegen zu Sand aufbereitet werden. Leichtbauplatten werden in der Regel thermisch verwertet, Ortschaften im Verbund zu anderen Materialien treten in der Regel nur in geringer Menge auf und werden daher entsorgt.</p>
<p>Textilien und Tapeten Textilien und Tapeten werden in der Regel thermisch verwertet, wobei sie mit unbedenklichen Anstrichen behandelt sein müssen.</p>		<p>Kunststoffe Alle Sorten der rein gewinnbaren Thermoplaste wie z.B. Dachbahnen, Bodenbeläge, Rahmenmaterialien usw. sind grundsätzlich wiederverwertbar. Ausfugungen, Kleber und Beschichtungen werden infolge ihrer geringen Mengen nicht recycelt.</p>

Bauwerke - der Gebäudebestand in Deutschland

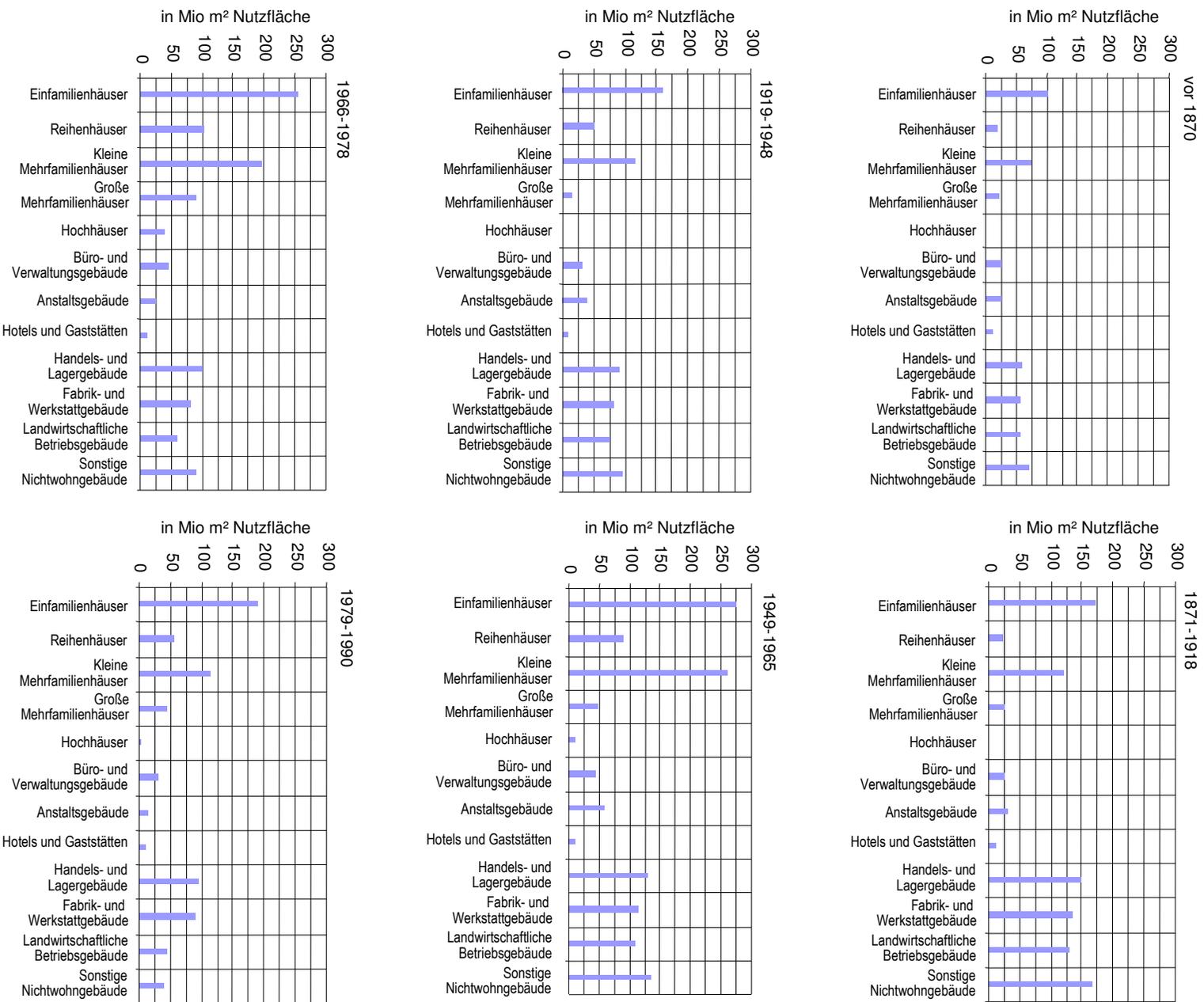


Abbildung 103: Die Entwicklung des Gebäudebestandes in Deutschland

(entnommen aus [107], Kohler u.a., S. 34/35)

Charakterisierung der Lebenszyklusphasen im Bauwesen

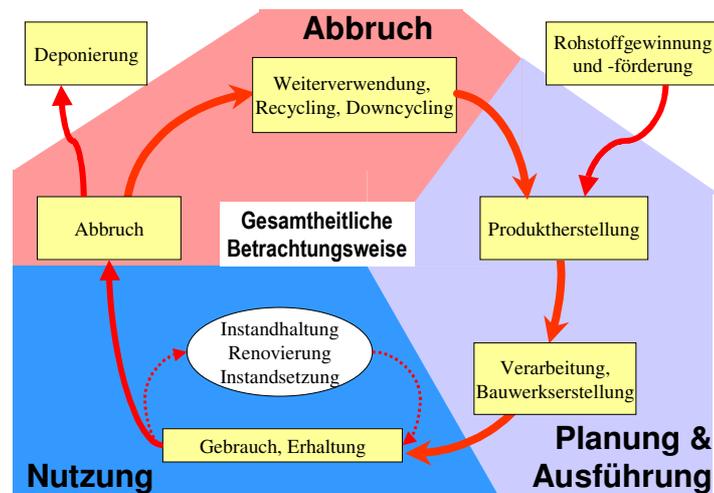


Abbildung 104: Produktlebenszyklus im Bauwesen

(nach [100], Karr/Menzel)

Rohstoffgewinnung

Es werden alle auftretenden Auswirkungen auf die Umwelt betrachtet. Hierzu gehören neben dem Energiebedarf für die Rohstoffgewinnung (Fördergeräte, Aufbereitungsanlagen, etc.), den Transport und die Aufbereitung auch die in diesem Zusammenhang freigesetzten Schadstoffe und Restenergien (Abwärme). Die Rohstoffgewinnung ist ein sogenannter „Initialprozess“.

Produktherstellung

Hier ist insbesondere der Energiebedarf und der Schadstoffausstoß zu betrachten. Durch Einsatz neuer effizienter Technologien besteht die Möglichkeit, den Verbrauch an Energieträgern und die Emission von Abgasen zu minimieren. Ein weiterer nicht unwesentlicher Faktor in diesem Kontext ist der Transport von Rohstoffen und Halbzeugen.

Einbau, Objekterrichtung, Verarbeitung

Bei diesen Prozessen sind wiederum die Transportvorgänge sowie alle mit der Objekterrichtung verbundenen Hilfsprozesse zu betrachten. Bei hochwertigen Komponenten kann der Verpackungs- und Transportaufwand von großer Bedeutung sein.

Gebrauchsphase (Nutzung und Instandhaltung)

Während der Gebrauchsphase sind innerhalb der Ökobilanzierung neben der Berücksichtigung der Bauwerksnutzung die Maßnahmen der Instandhaltung, Instandsetzung und Werterhaltung zu beachten. So kann ein ökologisch optimal hergestelltes Bauteil mit geringer Lebenserwartung oder hohem Wartungsaufwand unter Umständen schlechter bewertet werden.

Entsorgung / Wiederverwendung

Der Produktlebensweg eines Baustoffes mündet in der **Wiederverwendung** oder endet mit der **Entsorgung**. Es ist zwischen Wiederverwendung bei Erhalt der grauen Energie, den Nutzungseigenschaften und dem „Downcycling“ – also der Wiederverwendung unter Verlust von grauer Energie bzw. Nutzungseigenschaften – zu unterscheiden.

Umfassender Katalog zur Öko-Bilanzbewertung

In der Tabelle 38 sind die wichtigsten Lebensphasen und Kriterien, die bei der Bilanzbewertung von Baustoffen berücksichtigt werden müssen, aufgelistet. Es wird deutlich, dass es eine große Anzahl von Aspekten für die ökologische Bewertung von Baustoffen gibt. Der Schlüssel des ökologischen Bauens liegt daher nicht in der konsequenten Anwendung ökologischer Baustofflisten, sondern vielmehr im Gesamtergebnis, im architektonischen Entwurf und dem Ringen um Kompromisse zwischen zum Teil gegenläufigen Gesichtspunkten.

Tabelle 38 : Kriterien für eine ökologische Bewertung von Baustoffen
aus [Lahl, U. ; Zeschmar-Lahl, B. (1997)]

Lebensphase	Aspekte	
	bauwesenspezifisch / quantitativ	übergreifend / qualitativ
1	2	3
Rohstoffbeschaffung	Energie- & Chemikalienaufwand zur Rohstoffgewinnung Rezyklate bzw. Reststoffverwertung aus anderen Sparten	Regenerierbarkeit und Ressourcenkapazitäten ökologische Folgen des Ressourcenabbaus
Herstellung	energetischer Aufwand Umweltbelastung	Störfallrisiko Arbeitsplatzbelastung und Risiko
Gebrauch	Leistungsprofil und Eignung Originärer und produktionsbedingter Schadstoffgehalt Verträglichkeit mit anderen Baustoffen Anforderung an bauliche Maßnahmen Brandverhalten Umweltbelastung bei der Verarbeitung Arbeitsplatzbelastung bei der Verarbeitung Emissionsverhalten Innenraum	Leistungsprofil und Eignung Emissionsverhalten Außenbereich Wohnklima
Unterhaltung	Haltbarkeit und Lebensdauer Reparierbarkeit oder Totalersatz Aufwand & Möglichkeit zu Reinigung & Pflege Arbeitsplatzbelastungen bei Reinigung und Wartung Umweltbelastung bei der Reinigung und Wartung Erforderliche Schutzmaßnahmen	
Nachnutzung	Arbeitsplatzbelastung bei der Entsorgung Emissionsverhalten bei planmäßigen Abbruch bzw. bei Störfall Verhalten in der bzw. Anforderungen an die Beseitigung	Recyclierbarkeit und sonstige stoffliche Verwertbarkeit Gefahrenpotential und Entsorgungsmöglichkeiten von unverbauten Baureststoffen Risikopotential aus Störfällen
Transport	Energiebedarf Lager- und Transportkonservierung	Transportrisiko

Quellen zu Kapitel 4

- [68] American Institute of Architects: „Environmental Resource Guide“: John Wiley & Sons, Inc.: New York, Chichester Brisbane, Toronto, Singapore: 1996: (ISBN 0-471-14043-0).
- [69] H.-G. Bächthold: „Nachhaltigkeit : Herkunft und Definitionen eines komplexen Begriffs“: In: Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr.13, S.4-7. Zürich : Verlags-AG der akademischen technischen Vereine, 1998.
- [70] BfLR - Bundesforschung für Landeskunde und Raumordnung, “Raumordnungsprognose 2010 - Teilbereich : Regionalisierte Bevölkerungsprognose”. Kurzfassung. Bonn, 1994
- [71] Beck; Brand [Hrsg.]: Hildebrandt: „Nachhaltige Entwicklung” : Eine Herausforderung an die Soziologie: Opladen: Leske und Budrich: 1997.
- [48] Thomas Breiting: „Analyse, Design und Implementierung von Software zur Steuerung von Bauprojekten in internationalen, interdisziplinären Entwurfsteams“: Diplomarbeit, TU-Braunschweig, FB Bauingenieur- und Vermessungswesen: Braunschweig, 1997.
- [72] Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Ref. Öffentlichkeitsarbeit [Hrsg.]: „Konzeption der Bundesregierung zur Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen“: Bonn, 1992.
- [73] Laurence Stephan Cutler, Sherrie Stephens Cutler: „Recycling Cities for People - The Urban Design Process“: Cahnners Books International Inc.: Boston, MA: 1972.
- [74] K. Daniels: „Low-Tech Light-Tech High Tech: Bauen in der Informationsgesellschaft“: Birkhäuser-Verlag: Basel, Boston, Berlin: 1998 (ISBN 3-7643-5809-2).
- [75] K. Daniels: „Technologie des ökologischen Bauens“: Birkhäuser-Verlag: Basel, Boston, Berlin: 1995 (ISBN 3-7643-5229-9).
- [76] Deutscher Bundestag [Hrsg.]: Schlussbericht der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“: Drucksache 12/8600: Bonn, 31.10.1994.
- [77] Deutscher Bundestag [Hrsg.]: „Konzept Nachhaltigkeit - Fundamente für die Gesellschaft von morgen“: Bericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages, Bonn: Dt. Bundestag, Referat für Öffentlichkeitsarbeit: 1997.
- [78] Deutscher Bundestag [Hrsg.]: „Konzept Nachhaltigkeit“: Abschlußbericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages, Bonn: Dt. Bundestag, Referat für Öffentlichkeitsarbeit, 1998.
- [79] G. Dold, “Computerunterstützung der produktbezogenen Ökobilanzierung”. Wiesbaden: Deutscher Universitäts Verlag; Gabler, 1996
- [80] Eberle, U. ; Bunke, D. ; Grießhammer, R. (1996): “Bewertung von Ökobilanzen - das Konzept des Öko-Instituts e.V.”. In: Wissenschaft und Umwelt ISU, Nr.1/2, 1996, S.45-48

- [81] Bruno Erat: „Climate and Architecture - Ecological Design in Harsh Northern Conditions”, In: Proceedings: The 14th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Kushiro, Japan: 1997.
- [82] DFG-Forschergruppe FOGIB: „Ingenieurbauten – Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung - Band 1: Motivation“: Abschlussbericht: Universität Stuttgart: Institut für Konstruktion und Entwurf II (Prof. Schlaich): Oktober 1997.
- [83] DFG-Forschergruppe FOGIB: „Ingenieurbauten – Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung - Band 2: Bewertungsmethodik“: Abschlussbericht: Universität Stuttgart: Institut für Konstruktion und Entwurf II (Prof. Schlaich): Oktober 1997.
- [84] U. Fritsche, L. Rausch: „Total Emission Model for Integrated Systems (TEMIS)“: Institut für angewandte Ökologie e.V.: Darmstadt, Freiburg: 1993.
- [85] U. Fritsche, J. Leuchtner, F. Matthes, L. Rausch, K.-H. Simon: „Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme“: aktualisierter und erweiterter Endbericht im Auftrag des Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten: Institut für angewandte Ökologie e.V.: Darmstadt, Freiburg, Berlin, Kassel: 1994.
- [86] P. Fritz; J. Huber; H.W. Levi, „*Das Konzept der nachhaltigen Entwicklung als neue Etappe der Suche nach einem umweltverträglichen Entwicklungsmodell der modernen Gesellschaft : Einleitung und Überblick zu den Beiträgen des Bandes*“. In: Nachhaltigkeit in naturwissenschaftlicher und sozialwissenschaftlicher Perspektive : eine Publikation der Karl-Heinz-Beckurts-Stiftung. Stuttgart: Hirzel; Stuttgart: Wissenschaftliche Verlags-Gesellschaft, 1995: S.7-16.
- [87] M. Goedkopp, M. Demmers, M. Collignon: „The Eco-Indicator 95 : Manual for Designers“: Pré Consultants B.V.: Amersfoort, The Netherlands: 1996.
- [88] M. Goedkoop, R. Spriensma, u.a.: „The Eco-indicator 99: A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment – Methodology Report“: Pré Consultants B.V.: Amersfoort, The Netherlands: 2000.
- [89] T.E. Graedel, B.R. Allenby, P.R. Comrie: “Matrix Approaches to Abridged Life Cycle Assessment”:in: Environmental Science & Technology, 29 (3), 1995: S. 134 A bis 139 A.
- [90] G. Haefele, Wolfgang Oed, Burkhard M. Sambeth: „Baustoffe und Ökologie - Bewertungskriterien für Architekten und Bauherren“: Ernst Wasmuth Verlag: Tübingen, Berlin: 1996: (ISBN 3 8030 0165 X).
- [91] V. Hauff [Hrsg.], “Unsere gemeinsame Zukunft”. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Greven: Eggenkamp Verlag, 1987.
- [92] H. Hirsch, A. Lohr, W. von Braunmühl. u.a.: „CO₂-Reduktion und Energieeinsparung, Teil 1“: Bundesarchitektenkammer (Hrsg.) mit Förderung des Bundesumweltministeriums und des Umweltbundesamtes, bearbeitet vom Wuppertal-Institut: Bundesarchitektenkammer, Postfach 320168, 53204 Bonn 1995.

-
- [93] A. Horvath: „Estimation of Environmental Implications of Construction Materials and Designs Using Live Cycle Assessment Techniques“: Ph.D.-Thesis, Carnegie Mellon University, Pittsburgh: 1997.
- [94] N.-P. Howard, “Embodied Energy and Consequential CO₂ in Construction”. In: Tagungsbericht Symposium Conseil International du bâtiment 1996 : Energy and Mass Flow in the Life Cycle of Buildings. Wien, 1996, S.161-176
- [95] J. Huber (a), „Nachhaltige Entwicklung durch Suffizienz, Effizienz und Konsistenz”. In: Nachhaltigkeit in naturwissenschaftlicher und sozialwissenschaftlicher Perspektive, S.31-46: eine Publikation der Karl-Heinz-Beckurts-Stiftung, Stuttgart: Hirzel ; Stuttgart : Wissenschaftliche Verlags-Gesellschaft, 1995.
- [96] J. Huber (b): „Nachhaltige Entwicklung. Strategien für eine ökologische und soziale Erdpolitik”, Berlin: Edition Sigma, 1995.
- [97] Deutsches Nationalkomitee, “Das Denkmal als Altlast - Auf dem Weg in die Reparaturgesellschaft”, ICOMOS - Hefte des deutschen Nationalkomitees XXI, München, 1996
- [98] ITAS ; ifib, “Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen”. Studie des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse des Forschungszentrums Karlsruhe (ITAS) und des Instituts für industrielle Bauproduktion der Universität Karlsruhe (ifib) für die Enquete-Kommission “Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Bundestages
- [99] J. Joedicke: „Weissenhofsiedlung Stuttgart“: Karl Krämer Verlag: Stuttgart, 1990 (ISBN 3-7828-0468-6).
- [100] Marcus Karr, Karsten Menzel, Michael Kollinger, “Nutzung der Fuzzy-Theorie in der Ökobilanzierung im Bauwesen”: In: VDI-Fortschrittberichte Reihe 4 Nr. 147, S. 223- S. 230: VDI-Verlag, Düsseldorf, 1997
- [101] J. Knopfmüller, “Ungelöste Probleme der Sustainability-Leitidee”. In: Nachhaltigkeit in naturwissenschaftlicher und sozialwissenschaftlicher Perspektive : eine Publikation der Karl-Heinz-Beckurts-Stiftung. Stuttgart : Hirzel; Stuttgart : Wissenschaftliche Verlags-Gesellschaft, 1995, S.105-114.
- [102] Niklaus Kohler; Thomas Lützkendorf; M. Holliger, “Ökobilanzen und Elementkostengliederung”. In: Schweizer Ingenieur und Architekt. Zürich : Verlags-AG der akademischen technischen Vereine (1992), Nr.9, S.170-172
- [103] N. Kohler: „Baustoffdaten-Ökoinventare“. Institut für Industrielle Bauproduktion Karlsruhe, Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Energietechnik, 1995.
- [104] N. Kohler(b), P. Kruspe, “Methode zur kombinierten Berechnung von Energiebedarf, Umweltbelastung und Baukosten in frühen Planungsstadien : Schlußbericht KOBEEK”. Karlsruhe, Universität, Institut für Industrielle Bauproduktion, 1996.

- [105] Niklaus Kohler(a); Martina Klingele, "Simulation von Energie und Stoffflüssen von Gebäuden während ihrer Lebensdauer". In: Tagungsbericht Symposium Conseil International du bâtiment 1996 : Energy and Mass Flow in the Life Cycle of Buildings. Wien, 1996, S.213-218
- [106] N. Kohler: „Stand der Ökobilanzierung von Gebäuden und Gebäudebeständen“: Universität Karlsruhe, Institut für Industrielle Bauproduktion, 1998.
- [107] U. Hasler, N. Kohler: „Umbau – Die Zukunft des Bestandes“: in: Baumeister, Zeitschrift für Architektur, 95. Jahrgang (4/1998).
- [108] Oliver Kornadt [Hrsg.]: „Gebäude von morgen“: Beton-Verlag: Düsseldorf, 1997 (ISBN 3-7640-0361-8).
- [109] H. Krcmar, G. Dold, H. Fischer, M. Strobel, K. Seifert: "Informationssysteme für das Umweltmanagement – das Referenzmodell ECO-Integral“: R. Oldenbourg Verlag: München, Wien: 2000 (ISBN 3-486-25 420-0).
- [110] V. Loftness, J.J. Beckering, W.L. Miller, Arthur Rubin: „Re-valuing Buildings : Investing Inside Buildings to Support Organizational and Technological Change through Appropriate Spatial, Environmental, and Technical Infrastructures“: Steelcase Inc., 1996.
- [111] Karsten Menzel, "Analyzing and Modeling 'Fuzziness' for the environmental impact analysis of buildings and structures", In: Proceedings of the Fifth Congress on Computing in Civil Engineering, S 752-755: American Society of Civil Engineers: Boston, MA / New York, NY: 1998
- [112] William J. Mitchell: „The City of Bits: Leben in der Stadt des 21. Jahrhunderts“: Birkhäuser-Verlag: Basel, Boston, Berlin: 1996 (ISBN 3-7643-5336-8).
- [113] Robert Ries: „Computational Analysis of the Environmental Impact of Building Designs“: Ph.D.-Thesis, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 1999.
- [114] Robert Samuels, Deo K. Prasad: „Global Warming and the Build Environment“: E&FN Spon: London, Weinheim, New York, Tokyo, Melbourne: 1994 (ISBN 0 419 19210 7).
- [115] F. Saykowski, "Ökobilanzen aus dem Blickwinkel der ISO-Standards 14 040 - 14 043 (ein aktueller Überblick)". In: Wissenschaft und Umwelt ISU, Nr.1/2,1996, S.35-38.
- [116] Friedrich Schmidt-Bleek: „Wieviel Umwelt braucht der Mensch ?: MIPS – Das Maß für ökologisches Wirtschaften“: Birkhäuser Verlag: Basel, Berlin, Boston: 1993 (ISBN 3-7643-2959-9).
- [117] Friedrich Schmidt-Bleek, Tönis Käo, Wolfram Huncke [Hrsg.]: „Das Wuppertal Haus – Bauen und Wohnen nach dem MIPS-Konzept“: Birkhäuser Verlag: Basel, Berlin, Boston: 1999 (ISBN 3-7643-6017-8).
- [118] B. Schulze Darup, „Bauökologie“. Wiesbaden, Berlin : Bauverlag, 1996 (ISBN 3-7625-3301-6).
- [119] SETAC [Hrsg.], "A Technical Framework for Life-Cycle Assessment". Pensacola, 1993

-
- [120] Statistisches Bundesamt: „Fachserie 19 R 5: CO₂-Emissionen, Energieverbrauch und Materialkonten“: Wiesbaden: 2001.
- [121] Statistisches Bundesamt: „VGR des Bundes: Input-Output-Rechnung 1997 nach 71 Gütergruppen“: Wiesbaden: 2001.
- [122] Steiger, F. ; von Lukas, A., *Nachhaltiges Bauen : Anforderungen an abfallvermeidende Planung*. In: Beratende Ingenieure, 1998, S.36-40
- [123] Umweltbundesamt [Hrsg.], *Ökobilanzen für Produkte : Bedeutung, Sachstand, Perspektiven*. Texte des Umweltbundesamtes 38/92. Berlin, 1992
- [124] Brenda and Robert Vale: „Green Architecture - Design for a sustainable Future“: Thames and Hudson Ltd. London: 1996: (ISBN 0-500-27883-0).
- [125] WCED (World Commission on Environment and Development): „*Our common future*“: Oxford, 1987.
- [126] J. Wei, T.W.F. Russell, M.W. Swartzlander: „The Structure of the Chemical Processing Industries“: McGraw-Hill: 1979 (ISBN 0-07-068985-7).
- [127] C. Wissel, „*Nachhaltigkeit aus der Sicht der ökologischen Modellierung*“. In: *Nachhaltigkeit in naturwissenschaftlicher und sozialwissenschaftlicher Perspektive : eine Publikation der Karl-Heinz-Beckurts-Stiftung*. Stuttgart: Hirzel; Stuttgart : Wiss. Verl.-Ges., 1995, S.127-132
- [128] M. Wotschke, „*Wirtschaftliche Kostenplanung durch Kennwerte aus Angebotsanalysen : Ein Beitrag zu verbessertem Planungsablauf und vermehrter Kostentransparenz im individuellen Wohnausbau*“. Schriftenreihe des Instituts für Bauwirtschaft und Baubetrieb. Technische Universität Braunschweig, 1982
- [129] G. Zwiener: „*Ökologisches Baustofflexikon*“: C.F. Müller Verlag GmbH, Heidelberg, 1994.

ANHANG A5: Erläuterungen und Quellen zu Kapitel 5

Sprechakte und Muster zur funktionalen Beschreibung

ID	SUBJEKT	PRÄDIKAT	OBJEKT
		<i>Erweiterung</i>	
	RAUM	UNTERSTÜTZT	NUTZER
		<i>durch Funktion</i>	<i>oder Komponenten</i>
K_112	KOMPONENTEN		
K_1121	HÜLLE		
K_11211	Decke		
K_112111	Sekund. TW	trägt	Präsentationstech.
K_112112	Element	verbessert reflektiert	Akkustik Licht
K_112113	Verkabelung	steuert	Präsentationstech.
K_11212	Fassade	schützt	vor Witterung
K_112121	Fenster	liefert	Frischluft
K_112122	Verglasung	ermöglicht schützt	Tageslicht vor Witterung
K_112124	Verdunkelung	unterstützt	Beleuchtung Präsentationstech.
K_1122	HAUSTECHNIK		
K_112211	WW-Heizung	heizt	
K_112212	ELT-Heizung	heizt	
K_11222	Kühlung	kühlt	
K_11223	Beleuchtung	ist	dimmbar
K_10224	Elektrand	liefert	Medienzugang
K_1123	MÖBEL		
K_11231	Tische	liefern	Arbeitsfläche
K_11232	Stühle	ergänzen	Arbeitsfläche
K_1124	GERÄTE		
K_11241	Präsentationstech.		
K_112411	Beamer	ermöglicht	Präsentation
K_112412	Smartboard	ermöglicht	Interaktion
K_112413	VCR	ermöglicht	Präsentation
K_11242	Computer	ermöglichen	Inf.-zugang
K_10243	Mediensteuer.	steuert	Geräte, Haustechnik

LEGENDE:

R_xx	MAKRO-EBENE	nur Sprechakte
K_xxyy	MEDIAN-EBENE	Sprechakte werden in Muster überführt
K_xxyyz...	Mikro-Ebene	Sprechakte werden in Muster und diese in Moduln überführt

R:= Root-Objekt-ID

K:= Konstruktions-Objekt-ID

(Kooperationsräume)

R_10: Abstraktion	R_11: Dekomposition	R_12: Formalisierung	R_13: Synthese
K_100: NutzerSzenarien	K_110: Raumfunktion	K_120: Sprechakte	K_130: Mapping
		unterstützt	<i>Möbl./Logistik/FM (K_1301)</i>
<i>Jahreszeit</i>	<i>Nutzungsfunktionen (K_1101)</i>	heizen, kühlen	
<i>Tageszeit</i>		beleuchten, lüften	<i>Möbl./Geräte/Fkt. (K_1302)</i>
<i>Vortrag</i>	<i>spezifische Funktionen (K_1102)</i>	ergänzen, liefern	
<i>Team</i>		steuern	
<i>luK-gestützt</i>		ermöglicht	
K_101: Fachbereiche Baulose	K_111: Gewerke	K_121: Bezeichnungen	K_131: Layout
<i>Ausbau / Trockenbau</i>	Maurer, Trockenbauer		Grundriss
<i>Fassade</i>	Stahlbauer, Glaser		Schnitte
<i>Verdunkelung</i>	Jalousie, Elektriker		Zeichnungen
<i>Heizung / Kühlung</i>	<i>Heizung / Kühlung</i>		Zeichnungen
<i>Elektro / Inf. /Beleu.</i>	<i>Elektriker, EDV-Techniker (K1112)</i>		Beleuchtungspl.
<i>Möbel</i>	Tischler, Stuhlhersteller		<i>Möblierschemata (K_1316)</i>
<i>Kom./Präs./Steuer.</i>	Audiotechniker		<i>Zeichnungen (K_1317)</i>
	Videokonf.-techniker		
	Präsentationstech.		Menü - schemata
	Steuerungstechnik		
K_102: Schnittstellen	K_112: Komponenten	K_122: Grafik / Formel	K_132: Integration
Bauphysik	Rahmen, Scheiben, Mechanik	Zeichnungen	3D-Modell <i>CAD-Projekt (K_1322)</i>
Deckenraster, Beleuchtungskörper	sek. Tragwerke Deckenplatten	Statik Akustik	<i>Simulationen (K_1323)</i>
Fenster	Jalousien, Stellmotore, Endschalter		
Steuerrelais, Schalter, Messfühler	<i>Heizkörper (K_11221)</i> <i>Kühlgeräte (K_11222)</i>	Klimatik	<i>Steuerungsschemata (K_1324)</i>
Steuerrelais, Schalter <i>Elektrand (K10224)</i>	Elektro - moduln, Inf.-technik - moduln <i>Beleuchtungsmoduln (K_11223)</i>	Schaltpläne Beleuchtungspläne	
<i>Steuereinheit (K_10243)</i>	Steuerungsmoduln		
<i>Mensch-Maschine (K_102432)</i>	Kom.-moduln Präsentationsmoduln	Netzwerke Optik	3D-Modell CAD-Projekt
	Hubtisch Drehstuhl	Ergonomie	Simulationen
K_103: Management	K_113: Organisation	K_123: Regeln	K_133: Prozesse
Einzelverträge	Sterntopologie	Technische R. <i>Ergonomie (K_1231)</i>	Verträge
Rahmenvertrag	Virtuelle Organisation	Management R. <i>Teambildung (K_1232)</i>	Informationsaustausch
			<i>CSCW (K_1333)</i>
Funktionale Beschr.			<i>Präsent. (K_1334)</i>
			Dokumentation

Informationstechnik und Entwicklungstempo der Volkswirtschaften

Nach ([74], Daniels, S. 12) machten 1995 die größten Konzerne der Welt einen Milliarden-Dollar-Umsatz, der größer war als z.B. das Bruttosozialprodukt von Österreich.

„Unter den zwanzig größten, weltweit tätigen Unternehmen kamen dabei elf aus Japan, sieben aus den USA, eines aus England und eines aus Deutschland. Die Giganten der „Global Fivehundred“ (Magazin „Fortune“) steigerten ihren Umsatz 1995 um 11% und wuchsen damit vier mal schneller als die Weltwirtschaft.“

Abbildung 105 zeigt den enormen Anstieg des Welthandels in den letzten 20 Jahren. Abbildung 106 verdeutlicht die dramatischen Unterschiede in der Leistungsfähigkeit der einzelnen Volkswirtschaften am Beispiel der Bruttosozialprodukte von 1991 verschiedener Industrie-, Schwellen- und Entwicklungsländer (beide aus [74] Daniels, S. 12 f).

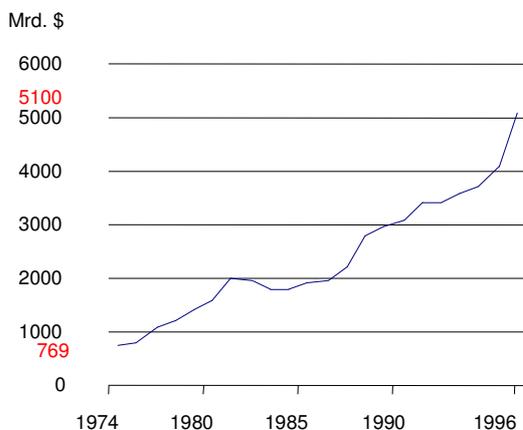


Abbildung 105: Welthandelsvolumen

(nach [74]:Daniels, Bild 5)

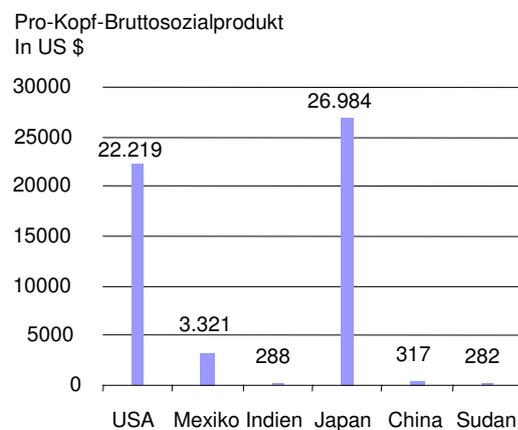


Abbildung 106: Bruttosozialprodukte pro Kopf

(nach [74]:Daniels, Bild 7)

Die unterschiedliche Leistungsfähigkeit der Volkswirtschaften führt zu einer Konzentration des Kapitals. Damit ist es möglich, dass eine kleine, begrenzte Anzahl von multinationalen Unternehmen (Banken, Versicherungen, Anlagefirmen, Fondsgesellschaften und Industrieunternehmen) die globale Ökonomie beherrschen. Nach[74]: Daniels, S.12) setzen die 20 größten „Multis“ mehr um, als die ärmsten 86 Länder der Erde erwirtschaften. Die US-Anlagegesellschaft Fidelity Investment betreute Mitte der 90er Jahre des 20 Jh. rund 548 Mrd. Dollar Kapital.

Eine plausible oder gar verlässliche Prognose über zeitlichen Verlauf und Umfang der Einführung elektronischer Medien ist vorläufig nicht möglich, auch wenn Trendforscher dies versuchen. Zusammenfassend lässt sich schlussfolgern, dass sich die Einführung der sogenannten Schlüsseltechnologien in erster Linie in Abhängigkeit von realen Kosten-Nutzen-Relationen entscheiden wird.

Quellen zu Kapitel 5

- [130] Markus Karr, Frank Krüger: "Vergleichsmodellrechnung Systemfußböden": Studie für den Bundesverband Systemböden, in: Schriftenreihe des FG für Numerische Methoden und Bauinformatik, Heft 5: TU Braunschweig, 1997.
- [131] Marcus Karr, Karsten Menzel: „Computer Supported Cooperative Work and Communication Systems - Mercedes Benz Marketing Academy, Stuttgart - Eine Technologieübersicht“: Werkstudie für Daimler Chrysler AG, in Zusammenarbeit mit CBPD der CMU Pittsburgh, PA: TU-Braunschweig, FB Bauingenieurwesen: Braunschweig, 1998.
(unveröffentlicht - Veröffentlichung nur mit Genehmigung des Auftraggebers).
- [132] Karsten Menzel: „Collaboative Engineering – Am Beispiel eines interdisziplinären, internationalen Lehrprojektes“: wissenschaftlicher Bericht Nr. 5. Institut für Computeranwendung im Bauingenieurwesen, Sonderausgabe zur Tagung „Hochschultutorien – Impulse zur Innovation der Lehrkultur“: TU Braunschweig, 1999.
- [133] Dirk Rahlfs: „Brandschutztechnische Untersuchung einer Decken-Fußbodenkonstruktion einschließlich ihrer Auflagerung in Wabenträgern“: Studienarbeit, (in Zusammenarbeit mit dem FG Grundlagen des Massivbaus und Brandschutz - Prof. Hosser / Dr. Richter) TU-Braunschweig, FB Bauingenieurwesen: Braunschweig, 1998.
- [134] Heiko Zies: „Brandschutztechnische Untersuchung einer Verbundstützenkonstruktion“: Studienarbeit, TU-Braunschweig, FB Bauingenieurwesen: Braunschweig, 1998. (in Zusammenarbeit mit dem FG Grundlagen des Massivbaus und Brandschutz - Prof. Hosser / Dr. Richter)
- [135] Heiko Zies: „Entwurf des Tragsystemes eines modularen Stahlbausystemes für Bürogebäude unter besonderer Betrachtung der Stützenkonstruktion“: Studienarbeit, TU-Braunschweig, FB Bauingenieurwesen: Braunschweig, 1998. (in Zusammenarbeit mit dem Institut für Stahlbau - Prof. Peil / Dr. Reininghaus)
- [136] Heiko Zies : „Entwurf eines modularen Stahlbausystems für Büro- bzw. Messebauten“:
Diplomarbeit, TU-Braunschweig, FB Bauingenieurwesen: Braunschweig, 1999: (in Zusammenarbeit mit Carnegie Mellon University Pittsburgh, PA und dem Institut für Stahlbau - Prof. Peil / Dr. Reininghaus).

ANHANG A6: Erläuterungen und Quellen zu Kapitel 6

Tabelle 39: Sprechakte der Mustersprache „Wissensmanagement“

ID	Name := Subjekt	Prädikat	Objekt
Kategorie STRUKTURMUSTER			
R_10	ABSTRAKTION	BILDET	ALLGEMEINE BEGRIFFE
L_10	STRUKTURMUSTER	BILDEN	LEHRINHALTE
L_101	Faktenwissen	wird repräsentiert	durch Präsentationsknoten
L_102	Anwendungswissen	aktiviert	Lösungsmethode
L_1021	Aufgaben	stabilisieren	Anwendungswissen
L_1022	Simulationen	veranschaulichen	Anwendungswissen
		stabilisieren	Anwendungswissen
L_103	Handlungswissen	übermittelt	Lösungsstrategien
L_1031	Projektzentrierte Aufgabe	erarbeitet	Handlungswissen
		stabilisiert	Handlungswissen
L_104	Aggregat	vereinigt	atomare Bestandteile
Kategorie LEHRFORMEN und –VERHALTEN			
R_12	FORMALISIERUNG	LIEFERT	WIDERSPRUCHSFREIHEIT
L_12	LEHRFORMEN	VERMITTELN	LEHRINHALTE
L_121	Darbietung / Reproduktion	erfolgt mit	Präsentationsknoten
L_122	Aktivierung / Anwendung	erfolgt durch	Beispiel, Aufgabe, Simulation
L_123	Erarbeitung/Problemlösung	erfolgt durch	Projekte
L_124	Vertiefung / Detaillierung	erfolgt durch	Lehrniveaus
Kategorie LEHRINHALTE			
R_11	DEKOMPOSITION	GLIEDERT	IN TEILBEREICHE
L_11	LEHRINHALTE	GLIEDERN Inhalte	DURCH STRUKTURMUSTER
L_111	Präsentationsknoten	aggregieren	atomare Bestandteile
L_1111	Texte	sind	atomarer Bestandteil
L_1112	Bilder	sind	atomarer Bestandteil
L_1113	Datenströme	sind	atomarer Bestandteil
L_112	Kurse	aggregieren	Klassen
L_1121	Klassen	aggregieren	Lehreinheiten
L_11211	Lehreinheiten	aggregieren	Präsentationsknoten
L_11212	Lehrniveaus	detaillieren/vertiefen	Lehreinheiten
L_113	Steuerungsknoten	definieren	Ablauf
L_114	Kontrollknoten	kontrollieren	Lernfortschritt
L_115	Klausuren	kontrollieren	Lernfortschritt - individuell
Kategorie LEHRABLAUF			
R_13	SYNTHESE	VERKNÜPFT	ZU EINEM GANZEN
L_13	LEHRABLAUF	VERKNÜPFT	LEHRFORMEN
L_131	Initiierung	ist	Beginn
L_132	Veranschaulichung	folgt	Initiierung
L_133	Übermittlung	folgt	Veranschaulichung
L_134	Stabilisierung	folgt	Übermittlung
L_135	Lernfortschrittskontrolle	erfolgt nach	Übermittlung
		erfolgt nach	Stabilisierung
L_136	Klausur	erfolgt nach	Kurs
		ist	Ende

LEGENDE:

R_xx	Makro-Ebene	nur Sprechakte
Ö_xxy	Median-Ebene	Sprechakte werden in Muster überführt
Ö_xxyz...	Mikro-Ebene	Sprechakte werden in Muster und diese in Moduln überführt
R:=	Root-Objekt-ID	L:= Lehr-Objekt-ID (immaterielle Ressourcen)

Quellen zu Kapitel 6

- [137] ADL-Initiative: „The SCORM Content Aggregation Model“:
<http://www.adlnet.org>: Januar 2002.
- [138] D.P. Ausubel: „Psychologie des Unterrichts“: Beltz-Studienbuch: Weinheim, 1974 (IDN 00414577).
- [139] Thomas Eisenreich: „Virtuelle Universität“: Diplomarbeit, TU-Dresden, Fak. Architektur, Dresden, Februar2002.
- [140] U. Egner: „Zweite Europäische Erhebung zur beruflichen Weiterbildung (CVTS2)“: Statistisches Bundesamt, Wirtschaft und Statistik 12/2001: Wiesbaden, 2001.
- [141] M. Kollinger, K. Menzel, K. Römling, A. Gehrke: „Information als strategische Ressource für computergestützte Gruppenarbeit in dezentralen Organisationen“: in: VDI-Fortschrittberichte Reihe 4 Nr. 163, S. 34- S. 42: VDI-Verlag, Düsseldorf, 2000.
- [142] K. Menzel, E. Ilal, V. Hartkopf: „Project Centered, International, Interdisciplinary Collaborative Teaching in Architecture, Engineering and Construction (A/E/C) - Lessons Learned -“: in: Proceedings of the SEFI Annual Conference: Winterthur and Zurich, Switzerland: 1999.
- [143] K. Menzel: „International, Collaborative, Project Based Teaching in Architecture, Engineering and Construction (A/E/C) - A Methodology -“: in: Proceedings of the *8th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*, Stanford, CA, S 154 - 161, American Society of Civil Engineers: Boston, MA / New York, NY: 2000.
- [144] K. Menzel: „Information Management for Project Based Teaching in Civil Engineering“: in Proceedings of the SEFI Annual Conference (als CD-ROM): Copenhagen 12-14 September 2001.
- [145] Beschlüsse und Empfehlungen der Kultusministerkonferenz und Hochschulrektorenkonferenz: Bonn: 1999.
- [146] Kultusministerkonferenz: „Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit des Studienstandortes Deutschland. Beschluss vom 24.10.1997: in: [145] S. 21 bis S. 46.
- [147] Kultusministerkonferenz: „Strukturvorgaben für die Einführung von Bachelor/Bakkalaureus- und Master-/Magisterstudiengängen. Beschluss vom 5.3.1999“ in: [145], S. 71 bis S. 78.
- [148] Hilbert Meyer: „Unterrichtsmethoden – Band 1, Theorieband“: 6. Auflage: Cornelsen Verlag Scriptor GmbH & Co, Frankfurt/Main, 1999 (ISBN 3-589- 20850-3).
- [149] Cornelia Otto: „Virtuelle Fakultät Bauingenieurwesen: Lehr- und Lernplattform mit den Funktionen eines Internet Portals“: Diplomarbeit, TU-Dresden, Fak. Architektur, Dresden, Februar2002.

- [150] Sachverständigenrat Bildung bei der Hans-Böckler-Stiftung: „Ein neues Leitbild für das Bildungssystem: Elemente einer künftigen Berufsbildung“: Düsseldorf, 1998.
- [151] Pascal Schmidt: „Zur finanziellen Lage der Hochschulen“: Statistisches Bundesamt, Wirtschaft und Statistik 12/2001: Wiesbaden, 2001.
- [152] Gerhard Steindorf: „Grundbegriffe des Lehrens und Lernens“: 3. Auflage: Verlag Julius Klinkhardt: Bad Heilbrunn, 1991 (ISBN 3-7815-0555-3).

Abbildungsverzeichnis

Titelbilder:	Zusammengestellt aus verschiedenen Quellen u.a. Bentley Systems GmbH	
Abbildung 1:	Paradigmatische und syntagmatische Relation	2-29
Abbildung 2:	Matrix d. Kommunikationsbeziehungen	2-39
Abbildung 3:	Dienstkategorien und Funktionalitäten	2-40
Abbildung 4:	Rollenbasierte Taxonomie	2-42
Abbildung 5:	XML-Einordnung ins Umfeld	2-43
Abbildung 6:	Prinzipielle Architektur eines Videokonferenzsystems	2-44
Abbildung 7:	Multimedia-Standards	2-45
Abbildung 8:	Architektur mit MCU	2-45
Abbildung 9:	T.120 Datenaustausch	2-45
Abbildung 10:	Inhalt eines Diagramms in IDEF-0 Notation und funktionale Dekomposition	2-47
Abbildung 11:	ARIS-Architektur	2-49
Abbildung 12:	Organigramm mit Objekttypen	2-50
Abbildung 13:	Funktionsbaum, UML-Hierarchie	2-50
Abbildung 14:	Vorgangskettendiagramm (Layer oder Schichten)	2-50
Abbildung 15:	Architektur eines Data Warehouse	2-52
Abbildung 16:	Beispiel Star-Schema	2-55
Abbildung 17:	Beispiel Starflake-Schema	2-55
Abbildung 18:	Denormalisiertes Starflake - Schema	2-55
Abbildung 19:	Aggregation von Daten	2-55
Abbildung 20:	Sichten zur Workflow Beschreibung	3-66
Abbildung 21:	CSCW: Einordnung der Methode	3-75
Abbildung 22:	CSCW – Inhalte und Klassifizierung	3-77
Abbildung 23:	Mögliche Ebenen und Komponenten in Kooperationssystemen	3-80
Abbildung 24:	Prinzipdarstellung der IBIS-Methodik	3-84
Abbildung 25:	Ablauf des Zielvereinbarungsprozess	3-98
Abbildung 26:	Gliederung Zielvereinbarungsprozess	3-98
Abbildung 27:	Hierarchische Zielformulierung	3-98
Abbildung 28:	Kostensicherheit im Projektverlauf	3-99
Abbildung 29:	Sustainability Kriterien	4-109
Abbildung 30:	Bevölkerung & Siedlungsfläche	4-111
Abbildung 31:	CO ₂ -Konzentration seit 1860	4-112
Abbildung 32:	Prognose der CO ₂ -Konzentration	4-112
Abbildung 33:	Holzverbrauch (pro Kopf)	4-113
Abbildung 34:	Aluminiumverbrauch (pro Kopf)	4-113
Abbildung 35:	Metallverbrauch von 1900 – 1983	4-113
Abbildung 36:	Lebenszyklus und Gebäudekosten	4-114
Abbildung 37:	Gesamtabfallaufkommen und Anteil der Bauabfälle (ca. 48%)	4-115
Abbildung 38:	Aufgliederung der Bauabfälle	4-116
Abbildung 39:	Zusammenhang horizontale und vertikale Stoffströme	4-120
Abbildung 40:	Ablauf der Wirkungsbilanzierung	4-123
Abbildung 41:	Ablaufschema des MIPS-Konzepts	4-126
Abbildung 42:	Gesamtübersicht Betonherstellung	4-132

Abbildung 43:	Übersicht Zuschlagstoffgewinnung.....	4-133
Abbildung 44:	Übersicht Zementherstellung.....	4-133
Abbildung 45:	Zuschlagmittel- & Zusatzstoffherstellung	4-133
Abbildung 46:	Datenstruktur 1 – Verwaltung von Stoffen, Prozessen & LCA-Kennwerten.....	4-134
Abbildung 47:	Datenstruktur 2 – flexible Bilanzierung.....	4-135
Abbildung 48:	Ergebnisdarstellung in Datenwürfeln	4-137
Abbildung 49:	Integration HOAI-Phasenmodell und Ökobilanzierung.....	4-139
Abbildung 50:	Schema "System des IW" [nach CBPD].....	5-145
Abbildung 51:	Visualisierung des <i>Scene-Lab</i>	5-146
Abbildung 52	a bis 52c: Nutzungs-Szenarien des <i>Scene-Lab</i>	5-149
Abbildung 53:	Kooperations- und Management-Formen.....	5-150
Abbildung 54:	Schnittstellen.....	5-151
Abbildung 55:	Ansicht Elektrand.....	5-152
Abbildung 56:	Lage der Elektranden	5-153
Abbildung 57:	Lage der Beleuchtungskörper.....	5-153
Abbildung 58:	Beleuchtungssimulation: ISO-Linien	5-154
Abbildung 59:	Visualisierung mit Filterfunktion	5-154
Abbildung 60:	Auswertung des Sehbereichs.....	5-154
Abbildung 61:	Schemen Kühlung, Lüftung, Heizung.....	5-155
Abbildung 62:	Arbeitsische: Isometrie und Querschnitt, Bildschirm absenkbar.....	5-156
Abbildung 63:	Bildschirmoberfläche „Anthropos 5“	5-157
Abbildung 64	IuK – Integration in den Raum (K_1317).....	5-159
Abbildung 65	Schaltungstechnische IuK – Integration (K_1225).....	5-159
Abbildung 66:	Die zentrale Mediensteuerung ersetzt einzelne Bedienelemente	5-160
Abbildung 67:	Möblierungsvariante (1): „Klassenraum“	5-161
Abbildung 68:	Möblierungsvariante (2): „Kathedrale“	5-161
Abbildung 69:	Möblierungsvarianten (3): Arbeitsinseln.....	5-161
Abbildung 70:	Möblierungsvariante (4): „Orthogonales Double“	5-162
Abbildung 71:	Raumfunktionen	5-162
Abbildung 72:	CommChair	5-163
Abbildung 73:	ConnecTable.....	5-163
Abbildung 74:	InteracTable	5-164
Abbildung 75:	DynaWall.....	5-164
Abbildung 76:	Lern- und Wissensbegriff	6-177
Abbildung 77:	Übersicht Lehrformen	6-180
Abbildung 78:	Systemarchitektur eines e-learning Systems zum Wissensmanagement.....	6-191
Abbildung 79:	Grafische Darstellung eines Musters mit modularen Erweiterungen in IDEF-Notation	6-200
Abbildung 80:	Hierarchie der Dimension „Zeit“	6-201
Abbildung 81:	Dimension „Lehrinhalte“	6-201
Abbildung 82:	Dimension „Lehre – Organisation“	6-202
Abbildung 83:	Dimension „Lehr-Akteure“	6-202
Abbildung 84:	Dimension „Lernfortschritt“	6-202
Abbildung 85:	Grafische Oberfläche zum Thema Virtuelle Universität in „Raummetapher“	6-203
Abbildung 86:	Navigation mit „Cuboids“	6-203
Abbildung 87:	Ablauf Bearbeitung Vorlesungsinhalte.....	6-204

Abbildung 88:	Ablauf Bearbeitung Präsentationsknoten	6-204
Abbildung 89:	Grafische Oberfläche einer Lehr-Lernumgebung 1998/1999.....	6-206
Abbildung 90:	Schema der Makro-Ebene	7-208
Abbildung 91:	Schema der Median-Ebene.....	7-209
Abbildung 92:	Schema der Median-Ebene.....	7-209
Abbildung 93:	Schematisch Darstellung von Wortarten.....	IV
Abbildung 94:	Beziehungen in der Distributionsanalyse.....	VI
Abbildung 95:	Ontologie-Niveaus.....	XI
Abbildung 96:	Inhalt eines Diagramms in IDEF-0 Notation und funktionale Dekomposition.....	XII
Abbildung 97:	Funktionsbaum, Hierarchie und Symbolerklärung	XIII
Abbildung 98:	Organigramm.....	XIV
Abbildung 99:	Symbole Organisationssicht.....	XIV
Abbildung 100:	Symbole Datensicht.....	XIV
Abbildung 101:	Symbole Leistungssicht	XV
Abbildung 102:	Erweiterte Ereignisprozesskette	XVI
Abbildung 103:	Die Entwicklung des Gebäudebestandes in Deutschland	XXXIV
Abbildung 104:	Produktlebenszyklus im Bauwesen.....	XXXV
Abbildung 105:	Welthandelsvolumen	XLV
Abbildung 106:	Bruttosozialprodukte pro Kopf	XLV