

Integration von  
lebenszyklusbezogenen Bewertungsmethoden  
in den Planungsprozeß

Zur Erlangung des akademischen Grades eines  
DOKTOR-INGENIEURS  
von der Fakultät für Architektur  
der  
Universität Karlsruhe  
(Technische Hochschule)

genehmigte

DISSERTATION

von

Dipl.-Ing. Martina Klingele  
aus Waldbronn

Eingereicht am:	29.03.1999
Tag der mündlichen Prüfung:	30.08.1999
Referent:	Prof. Dr. sc. techn. Niklaus Kohler
Korreferent:	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Lehmann
Weiteres Mitglied:	Prof. Andreas Wagner
Vorsitzender:	Prof. Walter Nägeli



Die vorliegende Arbeit entstand im Wesentlichen auf der Grundlage meiner Forschungstätigkeiten als wissenschaftliche Angestellte am Institut für Industrielle Bauproduktion der Universität Karlsruhe (TH).

Für die Anregung zur Durchführung dieser Arbeit, die vielen kritischen Diskussionen sowie die Übernahme des Hauptreferats möchte ich an dieser Stelle besonders Herrn Prof. Dr. sc. techn. Niklaus Kohler meinen Dank aussprechen.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Jürgen Lehmann danke ich für die wohlwollende und kritische Durchsicht der Arbeit und für die Übernahme des Korreferats.

Herrn Prof. Walter Nägeli darf ich für die Übernahme des Vorsitzes des Promotionsausschusses und Herrn Prof. Andreas Wagner für die Mitwirkung als weiteres Mitglied danken.

Herrn Dr.-Ing. Thomas Lützkendorf gilt mein Dank für die kritische Durchsicht der Arbeit und die wertvollen Anregungen zur Fertigstellung.

Außerdem danke ich allen Mitarbeitern des Instituts für Industrielle Bauproduktion und des Fachgebiets für Bauphysik und Technischen Ausbau, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, insbesondere Frau Elke Gossauer für die gründlichen Korrekturarbeiten.

Und schließlich danke ich sehr herzlich meinem Mann, meinen Eltern und meiner Schwiegermutter, die mir den nötigen Freiraum geschaffen haben und ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Bruchsal, im November 1999

Martina Klingele



# Inhaltsverzeichnis

<b>Motivation und Aufbau der Arbeit</b>	<b>1</b>
<b>1 Begriffsklärung</b>	<b>5</b>
1.1 Ökologie	5
1.1.1 Ökosysteme	6
1.1.2 Systemökologie	6
1.2 Umwelt	7
1.2.1 Umweltpolitik	9
1.2.2 Umweltkonferenzen	9
1.3 Nachhaltigkeit (Sustainability)	11
1.3.1 Der Begriff Nachhaltigkeit	11
1.3.2 Nachhaltigkeit – drei Dimensionen	12
1.3.3 Nachhaltigkeit im Bereich Bauwesen	15
<b>2 Umsetzung ökologischer Nachhaltigkeit</b>	<b>17</b>
2.1 Umsetzungsebenen einer nachhaltigen Entwicklung	17
2.2 Umweltrichtlinien	18
2.2.1 Umweltverträglichkeitsprüfung	18
2.2.2 Ökoaudit	18
2.3 Umsetzung auf Produktebene	20
2.3.1 Restriktionen	20
2.3.2 Inhaltsangaben	20
2.3.3 Wirkungsanalysen	21
2.3.4 Technikfolgenabschätzung	22
2.3.5 Risikoanalyse	22
2.3.6 Fazit	22
2.4 Bezug zum Bauwesen	23
2.4.1 Umweltverträglichkeitsprüfung in der Bauleitplanung	23
2.4.2 Ökoaudit für Firmen der Baubranche	23
2.4.3 Umsetzung bei Bauprodukten	23
2.5 Fazit	24
<b>3 Lebenszyklusanalyse</b>	<b>25</b>
3.1 Standardmodell einer Lebenszyklusanalyse	25
3.1.1 Zieldefinition (Goal and scope definition)	26
3.1.2 Sachbilanz (Inventory analysis)	26
3.1.3 Wirkungsbilanz (Classification)	28
3.1.4 Bilanzbewertung (Evaluation)	29
3.1.5 Verbesserungsvorschlag (Improvement)	29
3.2 Bewertungsgrößen – Wirkungen, Effekte, Indikatoren	30
3.2.1 Begriffsklärung	30

3.2.2	Räumliches Ausmaß . . . . .	32
3.2.3	Wirkungsfaktoren . . . . .	32
3.2.4	Schutzziele . . . . .	35
3.2.5	Effekte . . . . .	36
3.2.6	Umweltindikatoren . . . . .	37
3.2.7	Neuere und zukünftige Entwicklungen bei der Bewertung von Lebenszyklusanalysen . . . . .	43
<b>4</b>	<b>Lebenszyklusanalyse – relevante Gebäudeaspekte</b>	<b>45</b>
4.1	Besonderheiten von Gebäuden . . . . .	45
4.2	Anwendung der Lebenszyklusanalyse auf Gebäude . . . . .	46
4.2.1	Zieldefinition . . . . .	46
4.2.2	Sachbilanz – Lebenszyklus von Gebäuden . . . . .	47
4.2.3	Wirkungsbilanz – bauspezifische Eigenheiten . . . . .	50
4.2.4	Bilanzbewertung/Verbesserungsvorschläge . . . . .	53
4.2.5	Allokationsregeln für die Weiterverwendung von Baustoffen und Bauteilen . . . . .	53
4.3	Komponenten einer modularen Gebäudebeschreibung . . . . .	55
4.3.1	Basisprozesse . . . . .	56
4.3.2	Bauprozesse . . . . .	57
4.3.3	Baustoffe/Bauteile, Hilfsstoffe . . . . .	58
4.3.4	Bauleistungen . . . . .	60
4.3.5	Bauwerksteile . . . . .	61
4.3.6	Elemente und Makroelemente . . . . .	62
4.3.7	Gebäude . . . . .	63
4.3.8	Gebäudebestand . . . . .	64
4.4	Zusätzliche Komponenten (Nutzung des Gebäudes) . . . . .	66
4.4.1	Nutzungsprozesse für Betrieb der technischen Anlagen . . . . .	66
4.4.2	Nutzungsprozesse für Gebäudenutzung . . . . .	66
4.4.3	Bauleistungen (Betrieb) . . . . .	67
4.5	Strategien für Unterhalt/Erneuerungen von Gebäuden . . . . .	68
4.5.1	Abgrenzung Unterhalt und Erneuerung . . . . .	68
4.5.2	Alterungsverhalten, Lebensdauer und Ersatzzeitpunkt . . . . .	68
4.5.3	Allgemeine Strategien für Unterhalt/Erneuerung . . . . .	70
4.6	Fazit . . . . .	71
<b>5</b>	<b>Ökologische Nachhaltigkeit – relevante Aspekte der Planung</b>	<b>73</b>
5.1	Projektbeteiligte – Auftragsstrukturen . . . . .	73
5.1.1	Projektleiter . . . . .	73
5.1.2	Projektsteuerer . . . . .	74
5.1.3	Generalplaner . . . . .	76
5.1.4	Generalunternehmer . . . . .	77
5.1.5	Totalunternehmer und Generalübernehmer . . . . .	77
5.1.6	Fazit . . . . .	78

5.2	Projektbeteiligte – Funktionen . . . . .	79
5.2.1	Bauherr – Investor/Betreiber/Nutzer . . . . .	79
5.2.2	Architekt . . . . .	81
5.2.3	Fachplaner/Fachspezialisten . . . . .	81
5.2.4	Bauunternehmer . . . . .	82
5.2.5	Öffentlichkeit . . . . .	82
5.2.6	Fazit . . . . .	83
5.3	Projektbeteiligte – Rollen innerhalb des Projektmanagements . . . . .	84
5.3.1	Bauherr als interner Projektsteuerer und/oder Projektleiter . . . . .	84
5.3.2	Externer Projektsteuerer oder Projektleiter . . . . .	84
5.3.3	Bauherrn-Projektmanagement . . . . .	84
5.3.4	Architekt und Projektsteuerer in Personalunion . . . . .	85
5.4	Planungsmethode . . . . .	86
5.4.1	Serielle Planung/Einzel- oder Gruppenarbeit . . . . .	86
5.4.2	Integrale Planung/Teamorientiertes Planen . . . . .	86
5.4.3	Fazit . . . . .	88
5.5	Planungsinstrumente . . . . .	89
5.5.1	Pflichtenheft . . . . .	89
5.5.2	Konzepte . . . . .	91
5.5.3	Detailstudien . . . . .	92
5.5.4	Fazit . . . . .	93
5.6	Planungsgrundlagen . . . . .	94
5.6.1	Gesetzliche Grundlagen und Regelwerke in Deutschland . . . . .	94
5.6.2	Empfehlungen allgemeiner Art . . . . .	97
5.6.3	Baustoffempfehlungen in Form von Baustofflisten/Baustoffdatenbanken . . . . .	97
5.6.4	Konstruktionsempfehlungen . . . . .	98
5.6.5	Fazit . . . . .	98
5.7	Planungswerkzeuge . . . . .	99
5.7.1	CAD- bzw. CAAD- und AVA-Software . . . . .	99
5.7.2	Leistungsbeschreibungen . . . . .	99
5.7.3	Simulationsprogramme . . . . .	100
5.7.4	Beurteilungen im Vergleich zu “Referenzobjekten” . . . . .	102
5.7.5	Zertifizierungen . . . . .	102
5.7.6	Projektmanagement- und Kommunikationssysteme . . . . .	103
5.7.7	Fazit . . . . .	105
5.8	Projektphasen . . . . .	106
5.8.1	Strategische Planung – HOAI: Grundlagenermittlung . . . . .	107
5.8.2	Konzeptionelle Planung – HOAI: Vorplanung . . . . .	108
5.8.3	Projektierung – HOAI: Entwurfsplanung, Genehmigungsplanung, Ausführungsplanung . . . . .	108
5.8.4	Realisierung – HOAI: Vorbereitung und Mitwirkung bei der Vergabe, Objektüberwachung . . . . .	110
5.8.5	Nutzung – HOAI: Objektbetreuung . . . . .	111
5.8.6	Rückbau . . . . .	111
5.8.7	Fazit . . . . .	112
5.9	Planungsaspekte – Fazit . . . . .	113

<b>6 Modelle zur Unterstützung des Planungsprozesses</b>	<b>115</b>
6.1 Dynamische Projektchecklisten als Grundlage der anforderungsorientierten Planung	115
6.1.1 Prinzip der Projektcheckliste	115
6.1.2 Charakter von Checklisten	120
6.1.3 Erweiterung zu einem dynamischen Planungsinstrument	122
6.1.4 Fazit	125
6.2 Projektbegleitendes Bewertungs- und Analysewerkzeug	126
6.2.1 Vision	126
6.2.2 Konkrete Fragestellungen und Faktoren in den einzelnen Projektphasen	127
6.2.3 Prinzip der Skalierbarkeit	133
6.2.4 Prinzip des "Constraint Satisfaction"	134
6.2.5 Prinzip der Relationen-Analyse	136
6.2.6 Referenzwerte und Kennwerte, Grenzwerte und Zielwerte	137
6.2.7 Voraussetzung für die Umsetzung	140
6.2.8 Erprobung von Prototypen mit Anwendern aus der Planungspraxis	141
6.2.9 Fazit	142
<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>143</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>147</b>
<b>Zusammenstellung der Forschungsprojekte</b>	<b>149</b>
<b>Literatur</b>	<b>151</b>
<b>A Anhang</b>	<b>161</b>
A.1 ECOCHECK	161
A.1.1 Zielsetzung	161
A.1.2 Programmstruktur	161
A.2 ECOPT	167
A.2.1 Zielsetzung	167
A.2.2 Programmstruktur	167
A.2.3 Input	167
A.2.4 Output	169
A.2.5 Annahmen für die Berechnungen	170
A.2.6 Datengrundlage	171
A.3 ECOPRO	173
A.3.1 Zielsetzung	173
A.3.2 Programmstruktur	173
A.3.3 Input	176
A.3.4 Output	182
A.3.5 Annahmen für die Berechnung	187
A.3.6 Datengrundlage	190



## Motivation und Aufbau der Arbeit

### Motivation

Die Notwendigkeit einer nachhaltigen Entwicklung wird seit den 80er-Jahren thematisiert. Mit der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung in Rio 1992 und der Verabschiedung der sogenannten "Agenda 21" wird das Thema Nachhaltigkeit zum Politikum. Weitere Umweltkonferenzen, gesetzlich verankerte Umweltrichtlinien und zahlreiche Forschungsprojekte sind die Folgen. Im Rahmen dieser Forschungen wurden Verfahren zur Analyse der durch Produkte verursachten Umwelteinwirkungen entwickelt, um ein vorhandenes Verbesserungspotential im Hinblick auf die ökologische Nachhaltigkeit auszuschöpfen. Die Anwendung auf den Bausektor, der sich innerhalb der Volkswirtschaft eines Industriestaats durch einen besonders hohen Umsatz an Energien und Stoffen auszeichnet, ist ebenfalls Gegenstand verschiedener Forschungsprojekte. Die Anpassung und Anwendung der Analyseverfahren auf Bauprodukte und Gebäude ist im Sinne des Erkenntnisgewinns ein notwendiger, jedoch keineswegs hinreichender Schritt auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung im Bauwesen.

Aus Sicht der Autorin besteht ein wesentlicher Punkt bei der Diskussion um die nachhaltige Entwicklung des Bauwesens darin, daß die bisher entwickelten Lösungsansätze das Problem nicht in seiner Gesamtheit erfassen. Die isolierte Betrachtung des Produkts Gebäude in Lebenszyklusanalysen kann zwar zu umfangreichen Kenntnissen der durch Gebäude ausgelösten Umweltwirkungen führen, eine Umsetzung dieser Erkenntnisse im Hinblick auf vorhandenes Verbesserungspotential kann jedoch nur in einem erweiterten Kontext erfolgen. Aufgrund der systemimmanenten "Trägheit" der Gebäudeproduktion (lange Lebensdauer, wesentliche Veränderungen und damit auch Verbesserungen nach der Fertigstellung sind mit einem hohen Material- und Energieeinsatz verbunden) liegt das Verbesserungspotential in erster Linie in der Phase vor der eigentlichen Erstellung der Gebäude, das heißt in der Planung derselben. Die Planung von Gebäuden ihrerseits kann jedoch nur dann zu besseren Gebäudekonzepten führen, wenn die Grundlagen für die Umweltwirkungen und damit die Auswirkungen der einzelnen zu treffenden Planungsentscheidungen bekannt sind.

Dementsprechend sieht die Autorin das Ziel dieser Arbeit darin, die entwickelten Lösungsansätze für die lebenszyklusbezogene Bewertung von Gebäuden in ihrem Kontext zum Planungsprozeß darzustellen und daraus Modelle für Werkzeuge zur Unterstützung der Planung (im Hinblick auf ökologische Nachhaltigkeit) abzuleiten.

Ein wesentlicher Teil der Arbeit beschäftigt sich mit der Darstellung der Zusammenhänge zwischen den bereits standardisierten Bewertungsverfahren auf der Grundlage von Lebenszyklusbetrachtungen, den relevanten Gebäudeaspekten und den relevanten Planungsaspekten. Damit wird der Zusammenhang zwischen den Methoden, dem Objekt, auf das die Methoden angewandt werden, und dem Projekt, das die Entwicklung des Objekts zum Ziel hat, hergestellt (siehe auch Abbildung 1). Hierzu werden Informationen zu diesen Einzelaspekten aus verschiedenen Quellen zusammengestellt, durch eigene Arbeiten ergänzt und zu einem Gesamtkomplex verknüpft. Auf dieser Basis werden Möglichkeiten aufgezeigt, Aspekte der ökologischen Nachhaltigkeit in jeder Projektphase zu berücksichtigen und durch entsprechende Planungswerkzeuge zur Navigation durch den Planungsprozeß sowie zur Unterstützung der Entscheidungsfindung innerhalb der Projektphasen zu unterstützen.



Abbildung 1: Aufbau der Arbeit

## Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit ist in drei Teile gegliedert: der erste dient der Begriffsklärung, der zweite der Darstellung der Zusammenhänge zwischen Bewertungsverfahren auf der Grundlage von Lebenszyklusbetrachtungen, relevanten Gebäudeaspekten und relevanten Planungsaspekten und der dritte zeigt Modelle für die Unterstützung des Planungsprozesses durch die Integration von Methoden zur Beurteilung der ökologischen Nachhaltigkeit.

Der erste Teil **Begriffsklärung** leitet vom Verständnis von Ökologie als Wissenschaft über die Umwelt schließlich zu dem Begriff Nachhaltigkeit mit seinen verschiedenen Aspekten über (Kapitel 1).

Der zweite Teil **Darstellung der Zusammenhänge** behandelt die drei wesentlichen Punkte:

- **Methodische Grundlagen** mit einem Kapitel über die Umsetzungsmöglichkeiten nachhaltiger Entwicklung auf verschiedenen Ebenen, dem jeweiligen Bezug zum Bauwesen und einem Kapitel über das Instrument der Lebenszyklusanalyse im allgemeinen (Kapitel 2, 3).
- **Objekt – Gebäude** mit Kapiteln über die Besonderheiten von Gebäuden und die Anwendung von Lebenszyklusanalysen auf Gebäude; Kapiteln über die Komponenten einer modularen Gebäudebeschreibung für die bauliche Anlage und gebäudeinterne Nutzungen sowie einem Kapitel über Unterhalt und Erneuerung von Gebäuden (Kapitel 4).
- **Projekt – Planung** mit einem Kapitel über verschiedene Planungsaspekte und deren Relevanz für die ökologische Nachhaltigkeit. In diesem Kapitel werden die Schnittstellen zu einer nachhaltigen Entwicklung des Bauwesens im Planungsprozeß dargestellt mit dem Ziel, Ansatzpunkte für die Integration von speziell auf Nachhaltigkeit abgestimmten Planungsinstrumenten aufzuzeigen (Kapitel 5).

Der dritte Abschnitt **Modelle für die Unterstützung des Planungsprozesses** stellt zum einen eine Methode vor, welche die Navigation durch den Planungsprozeß im Hinblick auf die ökologische Nachhaltigkeit unterstützt, und zum anderen ein projektbegleitendes Planungswerkzeug zur Analyse und Entscheidungsfindung. Überdies werden verschiedene Prinzipien diskutiert, die in diesen Modellen Anwendung finden (Kapitel 6).



# 1 Begriffsklärung

Dieses Kapitel führt über den Begriff Ökologie (Unterkapitel 1.1) mit Einführungen in die Teile Ökosysteme und Systemökologie zum Umweltbegriff und der politischen Dimension des Umweltschutzes (Unterkapitel 1.2) schließlich zur Nachhaltigkeit (Unterkapitel 1.3).

## 1.1 Ökologie

Ökologie ist die Bezeichnung für die **gesamte Wissenschaft von den Beziehungen des Organismus zur umgebenden Außenwelt**<sup>1</sup>. Forschungsgegenstand der Ökologie ist im Gegensatz zu den anderen biologischen Wissenschaften nicht der Organismus selbst sondern die Wechselwirkungen zwischen Organismen untereinander, zwischen Organismus und der Umwelt sowie die natürlichen Beziehungsgefüge und Existenzbedingungen.

Damit bietet die Wissenschaft Ökologie ein sehr breites Aufgabenfeld, das auf verschiedene Arten in einzelne Bereiche gegliedert werden kann. Die vielleicht beste Gliederung führt über die Organisationsstufen (siehe Abbildung 2<sup>2</sup>). Das Ökosystem ist die **grundlegende Funktionseinheit in der Ökologie, weil es beides umschließt, Organismen und Umwelt**.<sup>3</sup> Das nächste Unterkapitel 1.1.1 ist der Beschreibung des Ökosystems gewidmet.

Eine weitere Unterteilung der Ökologie erfolgt meistens in die drei Bereiche Autoökologie, Demökologie und Synökologie. Zusätzlich können noch die Ökophysiologie und die Systemökologie unterschieden werden (siehe Abbildung 2). Die Systemökologie befaßt sich mit der Analyse und Modellierung der ökologischen Systeme, ihr ist ein eigenes Unterkapitel 1.1.2 gewidmet.

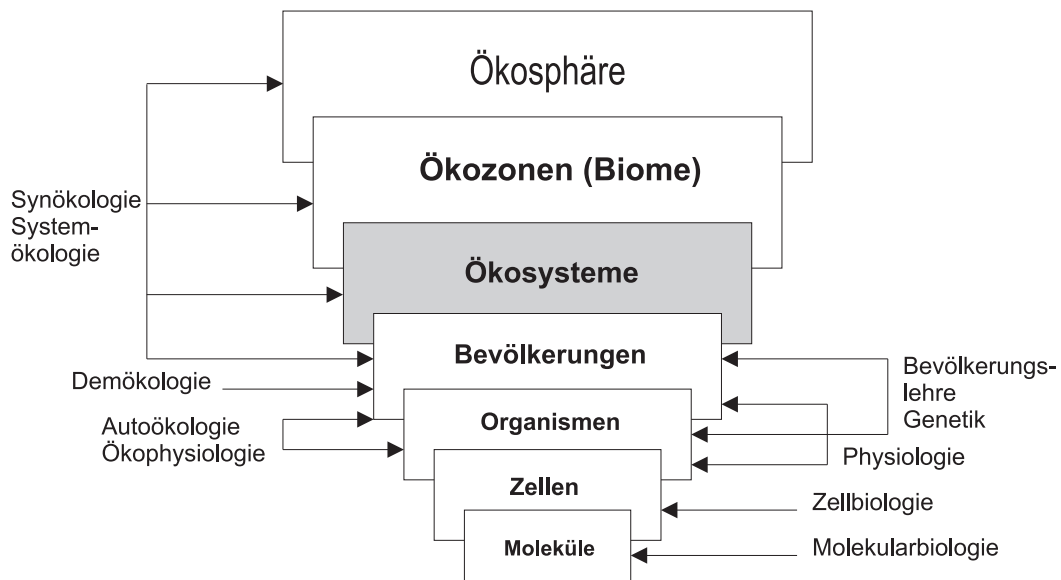


Abbildung 2: Organisationsstufen in der Ökologie und Zuordnung der einzelnen Teilgebiete

<sup>1</sup>[BROCKHAUS 71], "Ökologie"

<sup>2</sup>nach [DELEAGE 91], Figure 1

<sup>3</sup>[ODUM 83], S.11

### 1.1.1 Ökosysteme

“Innerhalb der Biosphäre lassen sich mehr oder weniger eigenständige Teilsysteme abgrenzen, die Ökosysteme genannt werden. Sie entstehen in jeder spezifischen, klimatischen und topographischen Situation unterschiedlichster Größenordnung. Gekennzeichnet sind sie durch eine auf die Situation spezialisierte selbstregelnde Lebensgemeinschaft, die einen weitgehend eigenständigen und stabilen Stoffkreislauf aufbaut.”<sup>4</sup>

Die Gesamtheit der organischen Bestandteile eines Ökosystems wird als Biozönose (Lebensgemeinschaft) bezeichnet,. Zusammen mit den anorganischen Teilen bildet die Biozönose einen charakteristischen, von Umweltfaktoren (Klima, Wasserhaushalt und Topographie) mitbestimmten Lebensraum, das Biotop. Die Umweltfaktoren bestimmen die Vegetation und die darin lebende Tierwelt, die Vegetation beeinflusst ihrerseits das Klima, Wasserhaushalt, Boden und Topographie. Es existiert ein “dynamisches Gleichgewicht” zwischen Biotop und Biozönose – dynamisch deshalb, weil sich alle Einflußgrößen mit der Zeit verändern können.

Wesentlich für den Fortbestand des Ökosystems ist, daß das Gleichgewicht nicht instabil werden darf. Der Mensch beeinflusst die Ökosysteme jedoch maßgeblich nach seinen Bedürfnissen. Die Antroposphäre ist geprägt durch den Verbrauch von Rohstoffen, der Ausbeutung von Boden und Landschaft; Abfallstoffe werden nicht in den Kreislauf zurückgeführt. Die so entstehenden instabilen Systeme stören weltweit das Naturgleichgewicht und gefährden somit die Existenz aller Lebewesen, also auch des Menschen.

Diese Erkenntnisse müssen auch Zugang in die Architektur und Umweltplanung finden. Gebäude und Siedlungen müssen als (Öko)-Systeme begriffen werden, die ähnlichen Gesetzmäßigkeiten unterliegen wie “natürliche” Systeme. Ökologische Prinzipien wie

- Anpassung an die Faktoren des Standorts
- Nutzung des Naturpotentials an Energie und Materie
- Kreislaufbildung mit intern ausgeglichenen Bilanzen und harmonischer Wechselbeziehung zur Umgebung
- Vielfalt und Vernetzung zur Stabilisierung des Systems
- Eigenständigkeit
- Angemessene Dichte; Größe
- Sukzession als Entwicklungsprozeß zum Optimum<sup>5</sup>

können auf die Gebäude- und Umweltplanung übertragen werden.

### 1.1.2 Systemökologie

“Als ein Versuch, das Ganze zu erfassen (Holismus), ist die System-Ökologie aus zwei Gründen ein eigenständiges Fachgebiet geworden: 1. Außerordentlich erweiterte formale Möglichkeiten in Form von mathematischen Theorien, Kybernetik, elektronischer Datenverarbeitung etc. stehen jetzt zur Verfügung und 2. die formale Vereinfachung von komplexen Ökosystemen berechtigt zu der Hoffnung, die Umweltprobleme des Menschen zu lösen, die auf keinen Fall nach dem ‘Erfolg und Irrtum’- oder ‘Ein Problem, eine Lösung’- Verfahren, wie meistens in der Vergangenheit gelöst werden können.”<sup>6</sup>

<sup>4</sup>[UBA 82] S.15

<sup>5</sup>[UBA 82], S.19

<sup>6</sup>[ODUM 83], S.449

Die Systemökologie beschäftigt sich mit der Erfassung der Systeme und ihrer Abbildung in mathematischen Modellen in der Ökologie. Nach dem Modellbegriff gemäß ODUM<sup>7</sup> kann ein Ökosystem als offenes System in einem thermodynamischen Ungleichgewicht dargestellt werden. Die Umgebung ist dabei sowohl als eintragliefernde (Sonne und andere Energieformen, Stoffe und Organismen) als auch als austragaufnehmende Komponente (verarbeitete Energie und Materie, Organismen) beteiligt.

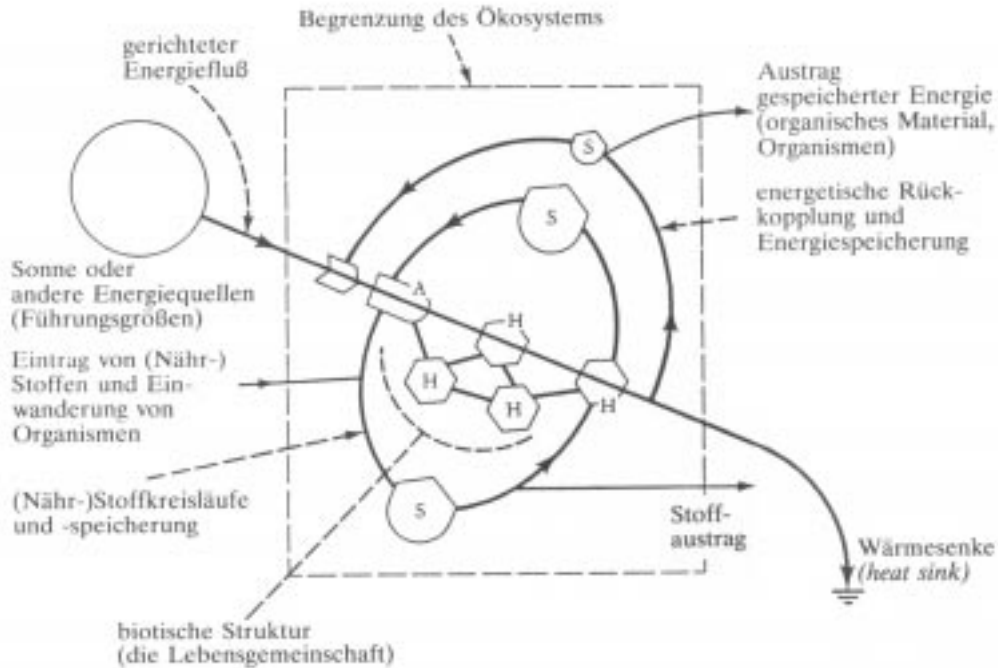


Abbildung 3: Funktionsdiagramm eines Ökosystems.

Abbildung 3<sup>8</sup> stellt ein derartiges Modell in einer von H.T. ODUM entwickelten grafischen Systemsprache zur Darstellung von Stoff- und Energieflüssen dar. Der Schwerpunkt liegt auf der inneren Dynamik des Systems. Dabei spielen Energiefluß, Stoffkreisläufe, Speicherung (S) und Nahrungsnetze mit autotrophen (A) und heterotrophen (H) Organismen eine Rolle. Der Energiefluß wird als Motor aller Stoffkreisläufe angesehen. Die Sonne oder andere Energiequellen sind der Ausgangspunkt für den Energiefluß, innerhalb des Ökosystems erfährt er eine Reihe von Umwandlungs- und Speicherprozessen, die Wärmesenke stellt den Endpunkt dar. Dieses Prinzip der Verfolgung von Energie- und Stoffströmen in Systemen bildet die Grundlage für die modernen Energie- und Stoffstrom-Bilanzierverfahren, die auch im Rahmen dieser Arbeit verwendet werden.

## 1.2 Umwelt

Wenn wir über Umwelt reden, meinen wir meistens eine "natürliche" Umwelt, einen Bereich, der unabhängig von anthropogenen Einflüssen ist. Nach HABER<sup>9</sup> gibt es im streng ökologischen Sinne keine natürliche Umwelt mehr, sondern nur noch eine "humanisierte Natur" in Form einer Kulturlandschaft, die wiederum in drei Bereiche gegliedert werden kann:

<sup>7</sup>[ODUM 83]

<sup>8</sup>[ODUM 91], Abb. 3.2

<sup>9</sup>[HABER 96]

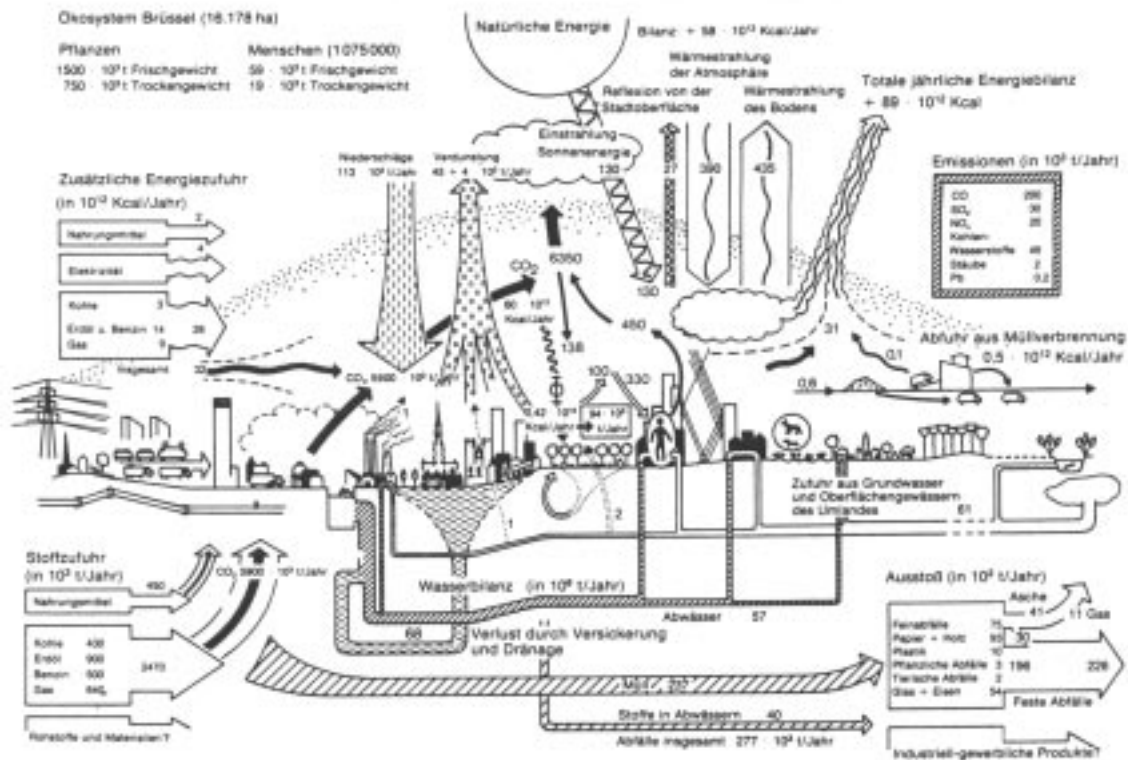


Abbildung 4: Ökosystem "Stadt" am Beispiel von Brüssel

1. Der Hauptlebensraum der modernen Menschen, der städtisch-industrielle Umweltbereich (siehe auch Abbildung 4<sup>10</sup> ). Er ist relativ kleinflächig, aber in ständiger Ausdehnung begriffen, ist auf das dichteste von Menschen und einer Anzahl anderer Organismen belebt und besiedelt und durch vorherrschende technische Strukturen in dichter Zusammenballung gekennzeichnet. Hier liegen die Zentren von Kultur und Zivilisation mit allen ihren Licht- und Schattenseiten, hier finden sich die politischen Mehrheiten – aber hier sind auch die Quellen der schlimmsten Umweltbelastungen!<sup>11</sup>
2. Die ländliche Umwelt mit land-, forst- und wasserwirtschaftlicher Nutzung.
3. Die "natürliche" Umwelt, die nur noch in kleinen Inseln innerhalb der ländlichen Umwelt existiert und ständig kleiner wird. Streng genommen ist sie nicht natürlich, sondern in irgendeiner Weise von uns Menschen beeinflusst, auch gelegentlich ('extensiv') genutzt, in der Regel pflege- oder überwachungsbedürftig.<sup>12</sup>

Die drei Umweltbereiche überlagern sich nicht nur räumlich, sondern stehen auch sonst in Wechselwirkung zueinander. Während die natürliche Umwelt sich voraussichtlich noch selbst tragen könnte, ist die ländliche Umwelt bereits auf die natürliche Umwelt angewiesen. Sie wäre jedoch zumindest theoretisch noch in der Lage, sich selbst zu erhalten. Im Gegensatz hierzu besteht kein Zweifel, daß die städtisch-industrielle Umwelt nicht in der Lage ist, sich selbst ohne die beiden anderen aufrechtzuerhalten. HABER bezeichnet diese Abhängigkeit als 'schmarotzt' auf den beiden anderen Umweltbereichen, die sie rücksichtslos ausbeutet und belastet<sup>13</sup>.

<sup>10</sup>[SUKOPP 93], Abb. 13-2

<sup>11</sup>[HABER 96], S.78

<sup>12</sup>[HABER 96], S.78

<sup>13</sup>[HABER 96], S. 79



### 1.2.1 Umweltpolitik

Der Bundestag hat 1973 drei Prinzipien für die deutsche Umweltpolitik formuliert:

1. Das *Vorsorgeprinzip* soll Schäden verhüten und nicht erst die Folgen beseitigen.
2. Das *Kooperationsprinzip* soll die Teilnahme der verschiedenen Gruppen der Gesellschaft (Wirtschaft, Staat und Arbeitnehmerorganisationen) an umweltpolitischen Entscheidungen sichern.
3. Das *Verursacherprinzip* nimmt den für einen Schaden Verantwortlichen in die Pflicht, für die Folgen aufzukommen.

Obwohl diese Prinzipien einer schadstofforientierten Umweltpolitik notwendig sind, können sie keinen ausreichenden Umweltschutz sicherstellen. Das Vorsorgeprinzip greift erst, wenn die umweltgefährdende Relevanz eines Stoffes bekannt bzw. erkannt ist. Wirkungsvolle Vorsorge würde ein Instrument zur Beobachtung der Umwelt voraussetzen, das ein breites Spektrum von Veränderungen der Ökosphäre erkennt. Insbesondere müßte dieses Instrument auch völlig unerwartete Veränderungen erkennen können und dies eigentlich schon, bevor sie im Gange sind. Da es kein derart vorausschauendes Umweltbeobachtungssystem gibt, kann nur möglichst frühzeitig auf bereits entstandene Konsequenzen reagiert werden.

Das Kooperationsprinzip findet zur Zeit wenig Anwendung. Um einen notwendigen tiefgreifenden gesellschaftlichen Wandel einzuleiten, bedarf es der Mitwirkung aller. Voraussetzung für die Bereitschaft der Menschen zur Mitarbeit sind bessere und leichter zu verstehende Informationen über die Umweltauswirkungen von Planungen, Prozessen und Produkten.

Das Verursacherprinzip ist schon bei ökologischen Schäden, deren Ursachen und Wirkungen auf ein Land begrenzt werden können, nur schwer umzusetzen; international ist es mangels Bemessungsmöglichkeiten für die Umweltverträglichkeit ohnehin unwirksam.

Das zur Verfügung stehende Instrumentarium beschränkt sich – neben der rein informativen Öffentlichkeitsarbeit – auf Ordnungsrecht, Gebote und Verbote, Gesetze und Auflagen. Diese Reglementarien können nur ökologische Teilprobleme behandeln, ihre Wirksamkeit für den Schutz des komplexen Systems der Ökosphäre in seiner Gesamtheit bleibt fraglich.

Umweltminister KLAUS TÖPFER drückte 1993 das Dilemma, in dem die deutsche Umweltpolitik sich befindet, folgendermaßen aus:

Der Umwelt-Minister ist heute noch viel zu sehr ein 'End-of-the-pipe'-Minister, ein Mann für die nachgeschaltete Umweltreparatur. Andere machen ihre Sektorenpolitik, und der Umweltminister setzt hinten noch einen Filter der Umweltbeachtung hinzu. Das ist und bleibt der zweitbeste Fall; besser ist es, die Umweltverträglichkeit von vornherein in den Fachpolitiken zu sichern.<sup>14</sup>

### 1.2.2 Umweltkonferenzen

1992 wurde in Rio de Janeiro die bis dahin größte diplomatische Versammlung in der Geschichte der Menschheit abgehalten, die Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung (UNCED). In ihr wurde neben anderen Übereinkünften (Klima-Rahmenkonvention, Artenschutzkonvention) die sogenannte Agenda 21 verabschiedet, die in ihrem 800seitigen Pflichtenheft für das 21. Jahrhundert eine Grundsatzdeklaration zu Fragen der Umwelt und ein umfassendes Aktionsprogramm zum Inhalt hat.

---

<sup>14</sup>Interview in der Frankfurter Rundschau, 1.6.1993

In Punkt 3 und Punkt 4 der Erklärung von Rio wird die Problematik um Umwelt und nachhaltige Entwicklung so umrissen:

Punkt 3: Das Recht auf Entwicklung muß so verwirklicht werden, daß die Entwicklungs- und Umweltbedürfnisse heutiger und zukünftiger Generationen gleichermaßen befriedigt werden.

Punkt 4: Um eine nachhaltige Entwicklung zu erreichen, wird Umweltschutz einen integrierten Teil des Entwicklungsprozesses darstellen und nicht isoliert davon betrachtet werden.<sup>15</sup>

Im Anschluß an die Rio-Konferenz wurden mehrere Konferenzen abgehalten, die sich mit Teilaspekten der Agenda 21 wie den Menschenrechten, der Entwicklung der Weltbevölkerung, der sozialen Entwicklung und der Stellung der Frau beschäftigen. Für den Baubereich von Interesse ist in diesem Zusammenhang die Habitat II-Konferenz in Istanbul 1996. Im Rahmen dieser Konferenz wurden zwei Übereinkünfte verabschiedet: die Deklaration von Istanbul und die Habitat-Agenda.

Kern der Deklaration von Istanbul ist die gemeinsame Verantwortung für Städte und Siedlungen, keinen Raubbau an den natürlichen Ressourcen zu Lasten des ländlichen Raumes und dem Rest der Welt zu betreiben. Unter diesem Aspekt muß gewährleistet sein, daß die Einwohner Unterkunft, Arbeit und Sozialen Zusammenhalt sowie Schutz vor Gesundheitsrisiken und Gewalt finden können.

Schwerpunkt der Habitat-Agenda ist der in fünf Teile gegliederte "globale Aktionsplan":

Der Abschnitt **Angemessene Unterkunft für Alle** stellt das Ziel einer angemessenen Versorgung mit Wohnraum und mit wohnungsnaher Infrastruktur in den Mittelpunkt.

Der Abschnitt **Nachhaltige Entwicklung der menschlichen Siedlungen** enthält Maßnahmen für eine Stadtentwicklung, die eine tragfähige wirtschaftliche und soziale Lebensgrundlage für eine rasch wachsende städtische Bevölkerung ohne eine Überlastung der Ökosysteme gewährleisten können. Die sich deutlich unterscheidenden Handlungsprioritäten für Entwicklungsländer einerseits und entwickelte Länder andererseits sind mit jeweils unterschiedlichen Schwerpunkten berücksichtigt.

Im Teil **Aufbau von Kapazitäten und institutionelle Entwicklung** sind Maßnahmen vereinbart, die auf eine Verbesserung finanzieller, personeller und institutioneller Rahmenbedingungen für die Stadtentwicklung zielen: Stärkung von Demokratie, Partizipation und effiziente örtliche Verwaltung; Beteiligung von Frauen; verbesserter Zugang zu modernen Finanzierungsformen für Wohnungsbau und kommunale Infrastruktur; Technologietransfer, Erfahrungsaustausch und verbesserte Ausbildung von Verwaltung und Experten.

Der Abschnitt **Internationale Zusammenarbeit und Kooperation** setzt neue Akzente für die internationale Entwicklungszusammenarbeit und betont, daß die Institutionen und die Regeln für internationalen Handel und Finanzierung für die Prioritäten einer nachhaltigen Stadt- und Siedlungsentwicklung sensibilisiert werden müssen.

Im Abschnitt **Implementation und 'follow-up' der Habitat-Agenda** sind die Verabredungen zur Umsetzung enthalten.<sup>16</sup>

Im Rahmen der Habitat II-Konferenz wurde ein gemeinsames Programm zur Erfolgskontrolle (Monitoring) beschlossen. Die Umsetzung in konkrete Maßnahmen wird vorrangig Sache der einzelnen Staaten sein.

Die Verpflichtung in "Lokale Agenda 21"-Prozesse einzutreten, wurde auf der Europäischen Konferenz über zukunftsbeständige Städte und Gemeinden, die von der Europäischen Kommission im Mai 1994 in Aalborg veranstaltet wurde, beschlossen.

Begleitend zu diesen Konferenzen wurden einige gesetzliche Regelungen getroffen, von denen die wichtigsten im Kapitel 2.2 aufgeführt werden.

<sup>15</sup> zitiert nach [WEIZÄCKER 95], S.236 ff

<sup>16</sup> [GATZWEILER 96], S.21

### 1.3 Nachhaltigkeit (Sustainability)

Seit Beginn der achtziger Jahre wird weltweit die Bedeutung der Nachhaltigkeit diskutiert. Der Begriff findet sich gleichermaßen in öffentlichen Diskussionen, in politischen Statements, in Entwicklungskonzepten zur Stadt- und Regionalplanung etc. In diesem Kapitel wird unter Punkt 1.3.1 ein kurzer Überblick über verschiedene Aspekte des Begriffs Nachhaltigkeit gegeben. Das zweite Unterkapitel 1.3.2 beschäftigt sich mit den drei Dimensionen von Nachhaltigkeit, die sich im Verlaufe der Diskussion bis heute herauskristallisiert haben. Das dritte Unterkapitel 1.3.3 betrachtet Schutzziele und Fakten nachhaltiger Entwicklung im Bauwesen.

#### 1.3.1 Der Begriff Nachhaltigkeit

Eine allgemeingültige Definition wird kaum zu finden sein, deshalb erfolgt hier lediglich eine Zusammenstellung einiger Aspekte zu dem Begriff, um die Komplexität und die unterschiedlichen Interpretationen aufzuzeigen.

Etymologisch läßt sich der Begriff bis zum “Deutschen Wörterbuch” der Gebrüder Grimm aus dem 18. Jahrhundert zurückverfolgen. Dort werden für “nachhalten” die Synonyme “zurückhalten, reservieren, anhalten, nachhaltig sein oder wirken” aufgeführt<sup>17</sup>.

#### Entwicklung des Begriffes Nachhaltigkeit in der öffentlichen Diskussion

Die Nachschlagewerke der siebziger Jahre definieren “nachhaltige Nutzung” (Nachhaltigkeit wird nicht als eigenständiger Begriff aufgeführt) ausschließlich als Begriff aus der Forstwirtschaft mit dem Ziel, die dauernde, möglichst gleichbleibende, hohe und hochwertige Holznutzung zu sichern<sup>18</sup>. In der Forstwirtschaft wurde bereits Mitte des 19. Jahrhunderts der Begriff “nachhaltig” verwendet. Im Laufe der Zeit haben sich zwar die Bezugsgrößen für Nachhaltigkeit verändert, aber die Kerninhalte blieben in etwa gleich.

Das Prinzip Nachhaltigkeit wurde auf die Nutzung der Ressource Wald bezogen. Es lassen sich vier Komponenten ausmachen:

- Langfristigkeit (die Wirkungen sind stetig zu erbringen)
- Sozialpflichtigkeit (Einschränkung der Nutzungsrechte der Eigentümer im Interesse der Allgemeinheit)
- Ökonomie (Miteinsatz aufgrund des ökonomischen Prinzips)
- Verantwortung (Verpflichtung des Bewirtschafters gegenüber der Zukunft, Vorsorge)<sup>19</sup>

Der Begriff Sustainability war zentrales Stichwort einer Studie über nachhaltige Ressourcennutzung, die Anfang der achtziger Jahre von der World Conservation Union<sup>20</sup> vorgelegt wurde. Danach fand der Begriff Eingang in die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung unter dem Vorsitz von Gro Harlem Brundtland.

Die von der Brundtland-Kommission 1987 geprägte Definition bezeichnet eine Entwicklung als nachhaltig oder dauerhaft, wenn sie die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, daß künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht mehr befriedigen können<sup>21</sup>.

<sup>17</sup>[BÄCHTOLD 98]

<sup>18</sup>[BROCKHAUS 71], nachhaltige Nutzung

<sup>19</sup>[BÄCHTOLD 98], S.4

<sup>20</sup>[IUCN 81]

<sup>21</sup>[BRUNDTLAND 87]

## “Nachhaltigkeit” und “Nachhaltige Entwicklung”

Nachhaltigkeit als deutscher Begriff, wie er heute verwendet wird, wurde nicht direkt von dem forstwirtschaftlichen Terminus abgeleitet, sondern aus der Übersetzung des englischen “Sustainment”. Allerdings führt BÄCHTOLD<sup>22</sup> an, daß er oft auch als mißverständliche Übersetzungen der Begriffe “sustained growth” und “sustenance” verwendet werde. Der Begriff Nachhaltigkeit beschreibt nicht nur quantitatives Wachstum, sondern vielmehr qualitative Veränderungen in der Evolution, deshalb erscheint die Begriffsbildung “Nachhaltige Entwicklung”, wie sie auch von der Brundtland-Kommission verwendet wurde, sinnvoller.

### 1.3.2 Nachhaltigkeit – drei Dimensionen

Im Verlauf der Diskussionen um die Nachhaltigkeit wurden drei Dimensionen der Nachhaltigkeit aufgezeigt, die in den folgenden Unterkapiteln charakterisiert werden.

#### Ökologische Dimension der Nachhaltigkeit

Der Ökologe definiert Nachhaltigkeit als die Dauerhaftigkeit lebender Systeme oder Ökosysteme. Diese Ökosysteme folgen immer dem gleichen Funktionsmodell:

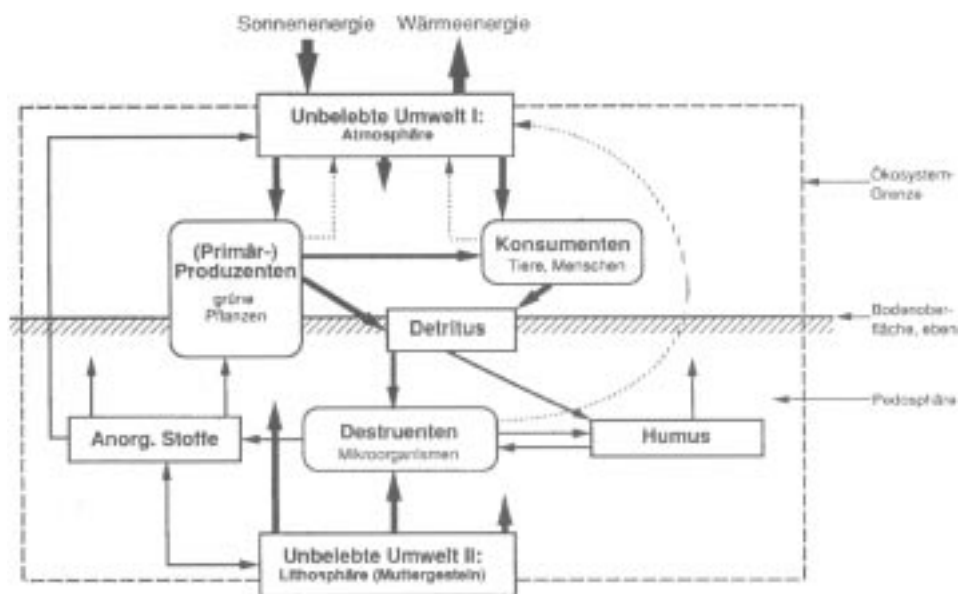


Abbildung 5: Funktionsschema eines natürlichen terrestrischen Ökosystems, stark vereinfacht.

Abbildung 5<sup>23</sup> zeigt das Zusammenwirken der unbelebten Umwelt mit ihrem oberen Bereich, der Atmosphäre [...], sowie ihrem unteren Bereich, der Lithosphäre, mit der Bodenoberfläche als Grenze, – und der belebten Umwelt als Teil der Biosphäre. Für diese ist das Zusammenspiel der drei Funktionsgruppen der Lebewesen, der Produzenten, Konsumenten und Reduzenten (diese Begriffe sind in ihrer ökologischen Bedeutung zu verwenden!) wesentlich, weil nur damit die natürlichen Stoffkreisläufe ermöglicht werden. Sie führen stets von grünen Pflanzen als Primärproduzenten über die mehrfach zu untergliedernden Tiere einschließlich des Menschen zu den abbauenden Mikroorganismen, den Abfallverwertern der Natur. Denn in allen diesen Lebensprozessen entstehen Abfälle – doch die Abfälle des

<sup>22</sup>[BÄCHTOLD 98]

<sup>23</sup>[HABER 96], Abb. 4

einen sind die Ressourcen des anderen, und das ist sozusagen der Maßstab einer sich selbst aufrechterhaltenden (das ist ja die Bedeutung des englischen Wortes 'sustain'!) und selbstorganisierenden Natur.<sup>24</sup>

Nachhaltigkeit als Erhaltung der Lebensgrundlagen bedeutet, die Ressourcenbeanspruchung auf ein ökologisch vertretbares Maß zu begrenzen. Das ökologisch vertretbare Maß ist durch die langfristige Substanzerhaltung natürlicher Ressourcen vorgegeben. Die Nutzung der Ressourcen darf die Regenerationsrate nicht überschreiten, die Nutzung der Umwelt zur Aufnahme von Emissionen (Schadstoffe in Wasser und Luft, Abfälle) muß innerhalb der Assimilationskapazität liegen.

Die Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" hat hierzu vier grundlegende Regeln formuliert:

1. Die Abbaurate erneuerbarer Ressourcen soll deren Regenerationsrate nicht überschreiten. Dies entspricht der Forderung nach Aufrechterhaltung der ökologischen Leistungsfähigkeit, d.h. (mindestens) nach Erhaltung des von den Funktionen her definierten ökologischen Realkapitals.
2. Nicht-erneuerbare Ressourcen sollen nur in dem Umfang genutzt werden, in dem ein physisch und funktionell gleichwertiger Ersatz in Form erneuerbarer Ressourcen oder höherer Produktivität der erneuerbaren sowie der nicht-erneuerbaren Ressourcen geschaffen wird.
3. Stoffeinträge in die Umwelt sollen sich an der Belastbarkeit der Umweltmedien orientieren, wobei alle Funktionen zu berücksichtigen sind, nicht zuletzt auch die "stille" und empfindlichere Regelungsfunktion.
4. Das Zeitmaß anthropogener Einträge bzw. Eingriffe in die Umwelt muß im ausgewogenen Verhältnis zum Zeitmaß der für das Reaktionsvermögen der Umwelt relevanten natürlichen Prozesse stehen.
5. Gefahren und unvertretbare Risiken für die menschliche Gesundheit durch anthropogene Einwirkungen sind zu vermeiden.<sup>25</sup>

Die fünfte Regel wurde vom Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) ergänzt. Sie bezieht sich auf die Risikovorsorge im Blick auf die Wahrung des Lebens und der Gesundheit des Menschen in Gegenwart und Zukunft<sup>26</sup>.

### Ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit

Die Idee des Sustainable Developments wurde in einem "Blueprint for a Green Economy", erschienen als State-of-the-Art-Bericht für das britische Umweltministerium, mit drei entscheidenden Kriterien definiert:

- The value of the environment
- Extending the time horizon
- Equity.<sup>27</sup>

Mit der Umsetzung dieser Idee von Nachhaltigkeit beschäftigt sich ein Zweig der Ökonomie, die "Ökologische Ökonomie" ("Ecological Economics"). Eine umfassende Darstellung über die Entwicklung der ökologischen Ökonomie findet sich bei HAMPICKE. Darin wird die entscheidende

---

<sup>24</sup>[HABER 96], S.83

<sup>25</sup>[ENQUETE 98], S.46

<sup>26</sup>[ENQUETE 98], S.45

<sup>27</sup>[PEARCE 89], zitiert nach [HAMPICKE 92], S.309

Forderung der ökologischen Ökonomie so definiert: “Die Grenzen setzen eine kollektive Entscheidung voraus, ihnen ist nicht marktmäßig-inkrementalistisch zu entsprechen. Im Gegenteil nimmt der Markt diese zentrale Entscheidung in sein Informationssystem auf und verarbeitet sie. Funktioniert er in seinen ökologischen Grenzen optimal, so werden alle Güter zu ‘sustainable optimal prices’ und ‘sustainable use costs’ gehandelt.”<sup>28</sup> Es handelt sich also darum, einen ökologischen Rahmen zu setzen, innerhalb dessen sich alles Wirtschaften bewegen muß.

Weiterhin werden als *methodologische Ausrichtungen* für die ökologische Ökonomie genannt:

- die Anwendung und Weiterentwicklung der ökologisch bewußten Kosten-Nutzen-Analyse auf die Natur und
- die Skepsis gegenüber dem Paradigma des Marktes als einer Institution, der die Lösung fast aller Probleme vertrauensvoll überlassen werden kann.

Als auf die Natur bezogenen Kosten-Nutzen-Analysen werden beispielweise Untersuchungen über die Bereitschaft der Bevölkerung zu finanziellen Opfern für erstrebenswerte Umweltzustände (Erhaltung der Artenvielfalt, Biotope, Landschaftsschutz) und empirische Erhebungen der Kosten (kurz- und langfristig) des unterlassenen Umwelt- und Naturschutzes genannt. Die Skepsis gegenüber dem Paradigma des Marktes führt zu der Erkenntnis: “Ökologische Systeme sind mehr als die Summe ihrer Teile und müssen als ganzes funktionsfähig sein, ihre Elemente sind zueinander komplementär.”<sup>29</sup> Daraus leitet sich ab, daß der Markt an dieser “Komplementarität” scheitern muß und deshalb alternative Lenkungsinstrumente gesucht werden müssen. Dieses Problem wird von der ökologischen Ökonomie aufgezeigt, eine Lösung dafür kann sie nicht benennen.

### Sozialpolitische Dimension der Nachhaltigkeit

Der Begriff Nachhaltigkeit, wie ihn die Brundtland-Kommission versteht, geht davon aus, daß die Ressourcen sowohl zwischen dem “reichen Norden” und dem “armen Süden” als auch zwischen der heutigen und künftigen Generationen gerecht verteilt werden müssen. Für künftige Generationen soll mindestens der gleiche Kapitalstock zur Verfügung stehen, wie wir ihn heute vorfinden. In diesem Kapitalstock sind nicht nur natürliche Ressourcen sondern auch Produktionsmöglichkeiten, also Technologien und politische Instrumente, enthalten. Ein Hauptziel nachhaltiger Entwicklung ist aber auch die gleichmäßige Verteilung dieses Kapitalstocks innerhalb der globalen Gesellschaft. Damit bekommt die nachhaltige Entwicklung über den ökologischen Ansatz hinaus eine sozialpolitische Komponente, die sich auch in weiteren Definitionen wiederfindet:

Der Zustand des nachhaltigen Wirtschaftens wird erreicht, wenn das ökonomische und das soziale System mit dem natürlichen System wieder in stabile Austauschbeziehungen gebracht wird und wenn globale Konsumbedürfnisse ausschließlich durch den Ertrag der drei Systeme befriedigt werden, so daß die Substanz der Systeme für alle folgenden Generationen erhalten bleibt.<sup>30</sup>

---

<sup>28</sup>[HAMPICKE 92], S.307

<sup>29</sup>[HAMPICKE 92], S.306

<sup>30</sup>[MASSERAT 93], S.34

### 1.3.3 Nachhaltigkeit im Bereich Bauwesen

Die Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt, Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung" hat sich schwerpunktmäßig mit dem Bereich "Bauen und Wohnen" beschäftigt. In ihrem Abschlußbericht hat sie für diesen Bereich Zieldimensionen zusammengetragen (Abbildung 6<sup>31</sup>).

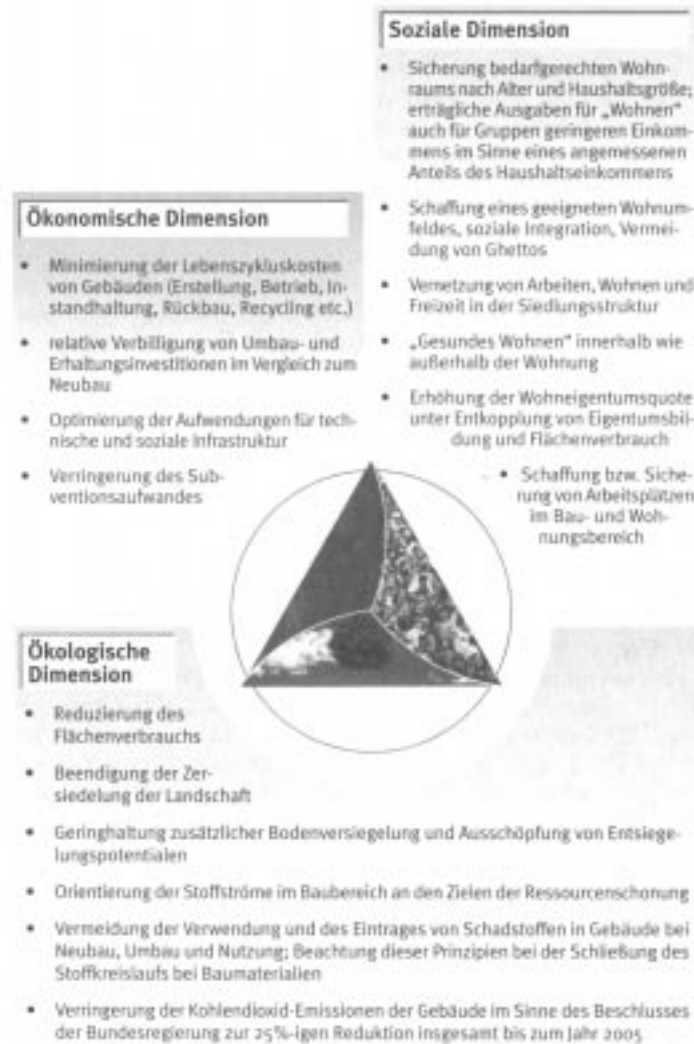


Abbildung 6: Zieldimensionen für den Bereich "Bauen und Wohnen"

<sup>31</sup>[ENQUETE 98], Abbildung 15

Diesen Forderungen nach "Nachhaltigem Wirtschaften" steht die Realität im Bauwesen diametral gegenüber. Nach Angaben des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau<sup>32</sup>

- beträgt der jährliche Wohnraumflächenzuwachs in Deutschland mehr als 1 % des Bundesgebiets;
- fallen jährlich mehr als 300 Mio. Tonnen Bauabfälle an, davon 215 Mio. Tonnen Bodenaushub und 85 Mio. Tonnen Bauschutt. Der Bauschutt kann zu 36 % verwertet werden, das entspricht 31 Mio. Tonnen; die restlichen 54 Mio. Tonnen müssen derzeit deponiert werden. Diese Bauabfälle machen ca. 2/3 des gesamten Abfallaufkommens aus;
- werden auch bei rückläufiger Baukonjunktur nach Einschätzung der Verbände mindestens 700 – 750 Mio. Tonnen Steine-Erden-Rohstoffe pro Jahr verbraucht. Allein die Flächeninanspruchnahme durch die Abbaugebiete ist bemerkenswert;
- wird ca. 1/3 des gesamten Endenergiebedarfs für Raumwärme, Raumluftkonditionierung und Warmwasser im Gebäudebereich aufgewandt.

Nach FRIEGE ("Management von Stoffströmen im Bereich Bauen und Wohnen: Beratungen in der Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt")<sup>33</sup>

- stehen rd. 20.000 bis 100.000 Abbrüche und Umwidmungen knapp 600.000 Wohnungsneubauten gegenüber
- werden in Deutschland täglich rund 100 Hektar in Siedlungs- und Verkehrsfläche umgewandelt.

Nach einer Studie für die Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt"<sup>34</sup>

- betrug die Entnahme von mineralischen Rohstoffen für den Bereich Hochbau und Ausbau 1991 ca. 350 Mio. Tonnen, dies entspricht etwa 20% des Verbrauchs an mineralischen Rohstoffen durch die deutsche Volkswirtschaft, wobei sich der Anteil etwa verdoppelt, wenn sowohl Hoch- als auch Tiefbauarbeiten berücksichtigt werden;
- belief sich die Entnahme von biotischen Rohstoffen für den Bereich Hochbau und Ausbau im gleichen Jahr auf etwa 16 Mio. Tonnen.

In Relation zu den Mengen, die durch die deutsche Volkswirtschaft insgesamt verbraucht bzw. emittiert wurden, sind im Bereich Hochbau und Ausbau mit ihren Vorprodukten zu verzeichnen:

- ca. 5% der benötigten Primärenergie
- 5,7 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen
- 6,2 % der SO<sub>2</sub>-Emissionen
- 7,0 % der NO<sub>x</sub>-Emissionen
- 7,4 % des Staub-Anfalls
- 4,4 % der CO-Emissionen
- 2,4 % der CH<sub>4</sub>-Emissionen
- 21 % der Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe-Emissionen

Diese Zahlen verdeutlichen, wie wichtig Maßnahmen zur nachhaltigen Entwicklung insbesondere auch im Bausektor geworden sind.

---

<sup>32</sup>[BMBau 97], S.13 ff.

<sup>33</sup>[BMBau 97], S.45

<sup>34</sup>[ENQUETE 99]



## 2 Umsetzung ökologischer Nachhaltigkeit

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit den Möglichkeiten der Umsetzung der ökologischen Schutzziele. Das erste Unterkapitel 2.1 zeigt die unterschiedlichen Umsetzungsebenen nachhaltiger Entwicklung auf. Im zweiten Unterkapitel 2.2 werden die wesentlichen Umweltrichtlinien diskutiert. Das dritte Unterkapitel 2.3 beschäftigt sich mit Möglichkeiten der Umsetzung auf Produktebene. Das abschließende vierte Unterkapitel 2.4 stellt den Bezug zum Bauwesen her.

### 2.1 Umsetzungsebenen einer nachhaltigen Entwicklung

In einer Publikation der SETAC<sup>35</sup> werden die Beziehungen zwischen dem Endziel “Nachhaltige Entwicklung”, den Handlungsprinzipien, den Analyse-Werkzeugen, den politischen Instrumenten und den Daten als Grundlage folgendermaßen dargestellt (Abbildung 7<sup>36</sup>):

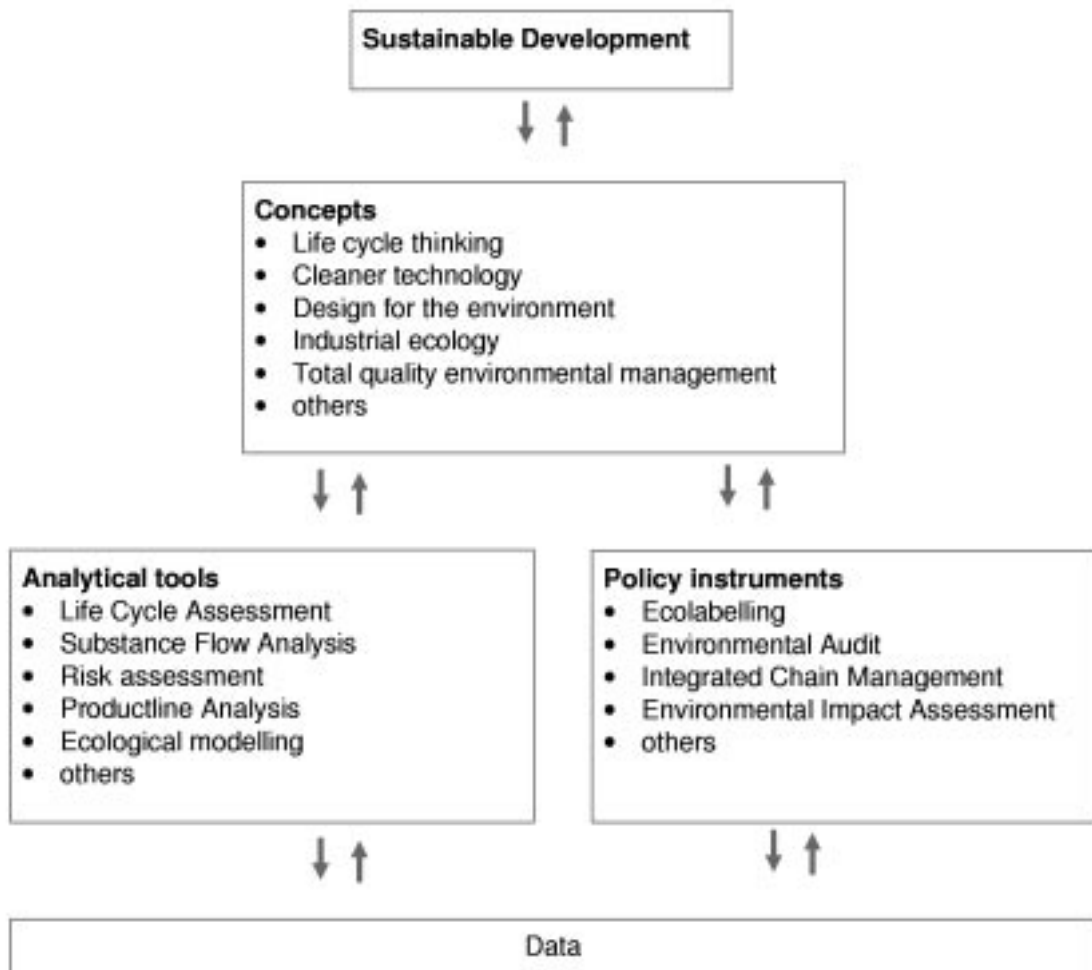


Abbildung 7: Umsetzungsebenen einer nachhaltigen Entwicklung

<sup>35</sup>SETAC = Society of Environmental Toxicology and Chemistry

<sup>36</sup>nach [SETAC 96], Figure 1

## 2.2 Umweltrichtlinien

In diesem Kapitel werden die zwei wesentlichen Richtlinien dargestellt, die als Folge der Umweltkonferenzen auch in nationales Recht umgesetzt wurden. Unterkapitel 2.2.1 beschreibt die Umweltverträglichkeitsprüfung, Unterkapitel 2.2.2 das Ökoaudit.

Im Kapitel 2.4 werden Anwendungen dieser Richtlinien auf das Bauwesen aufgezeigt.

### 2.2.1 Umweltverträglichkeitsprüfung

Gemäß der EG-Richtlinie über die UVP<sup>37</sup> von 1985 hat der Bundesgesetzgeber 1990 ein Gesetz zur Umsetzung der EG-Richtlinie und 1995 Verwaltungsvorschriften zur Ausführung des Gesetzes über die UVP erlassen. Die UVP ist ein methodisches Instrument zur Entscheidungsfindung mit dem Zweck, die möglichen Auswirkungen eines Projekts auf die Umwelt bei der Entscheidung über die Zulassung berücksichtigen zu können. Sie ist für solche Projekte vorgeschrieben, bei denen der Gesetzgeber davon ausgeht, daß sie zu regelmäßigen erheblichen Umweltauswirkungen (z.B. Flurbereinigungs- und Bauleitplanverfahren) führen. Die zuständigen Behörden können auch in weiteren Fällen eine UVP fordern, wenn eine entsprechende Umwelterheblichkeit vorliegt. Es gibt keine UVP-Pflicht für Produkte.

Die UVP besteht aus mehreren, den gesamten Planungsprozeß begleitenden Arbeitsschritten. Da es keine einheitlichen Maßstäbe für Umweltverträglichkeit gibt, ist die Bewertung im Sinne eines objektiv nachvollziehbaren Klassifizierungsvorgang kaum leistbar.

Neben dem Vorhabenträger (Planungs-/Projektträger) und der Zulassungsbehörde sind andere Behörden und die anerkannten Naturschutzverbände, sofern ihr jeweiliger Aufgabenbereich berührt wird, die Öffentlichkeit und gegebenenfalls zusätzliche Fachleute beteiligt.

### 2.2.2 Ökoaudit

Bereits 1993 wurde von der EU die Ökoaudit-Verordnung, die "Verordnung über die freiwillige Beteiligung gewerblicher Unternehmen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung", erlassen mit der Auflage, diese in nationales Recht umzusetzen. Ende 1995 hat der Bundesgesetzgeber ein Umweltauditgesetz (UAG) erlassen und durch Verordnungen über Zulassungsverfahren, Gebühren und Beilehung ergänzt.

Hintergrund dieser Verordnung, die – wie bereits aus der ausführlichen Bezeichnung ersichtlich – ein freiwilliges Instrument darstellt, ist die Hoffnung, daß gewerbliche Unternehmen aus marktstrategischen Überlegungen heraus in eine Art Wettbewerb über ökologische Management- und Betriebsstrukturen treten. Eine Verringerung der durch das Unternehmen erzeugten Umweltauswirkungen kann ein wirkungsvolles Werbeargument sein. Ökoaudits können zur internen Schwachstellenanalyse eingesetzt werden und dabei auch ökonomisch relevante Schwachpunkte aufzeigen.

Seit der Verabschiedung einer Erweiterungsverordnung im Februar 1998 dürfen in Deutschland auch Dienstleistungsunternehmen Ökoaudits durchführen. Aus Ökoaudits können wertvolle Informationen für die ökologische Umstrukturierung der Wirtschaft auf überbetrieblicher Ebene abgeleitet werden.

---

<sup>37</sup>UVP = Umweltverträglichkeitsprüfung

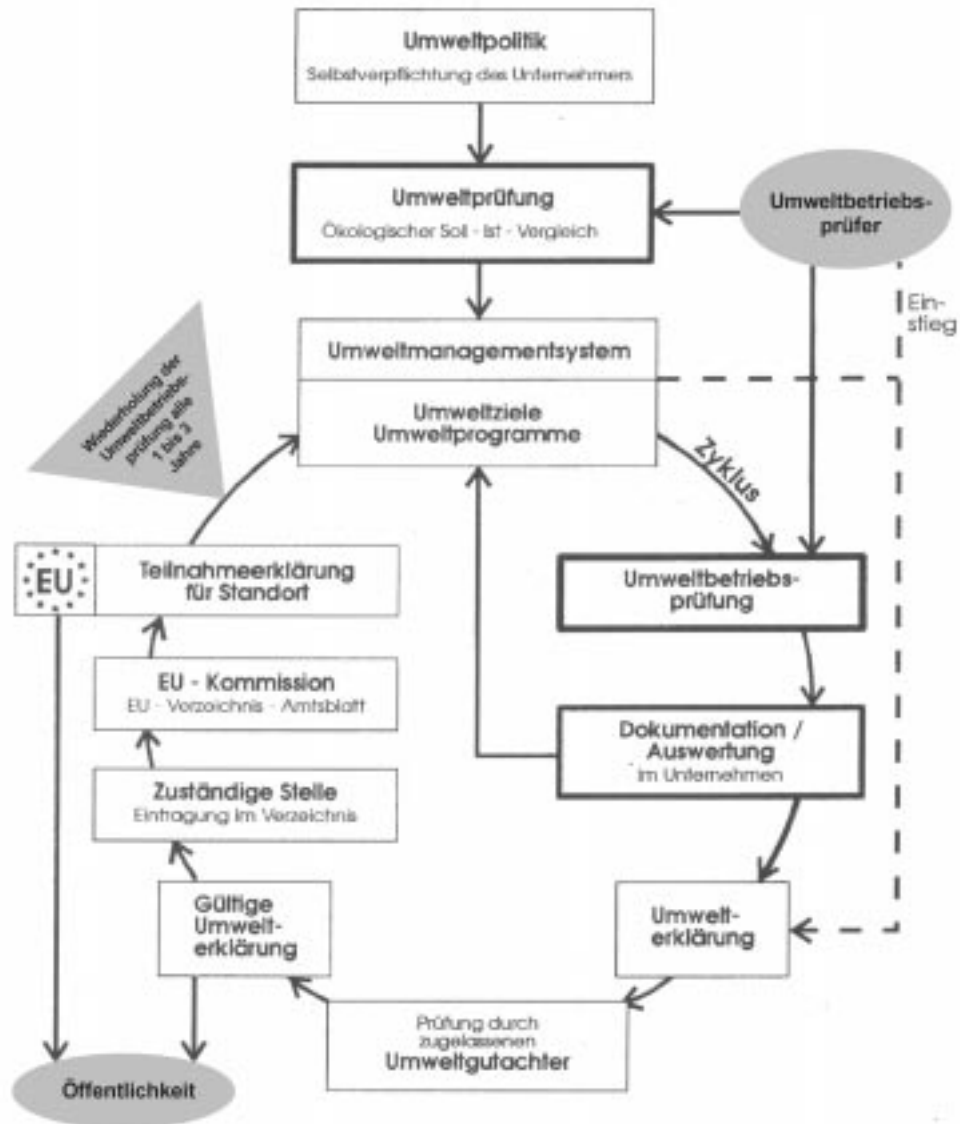


Abbildung 8: Ablaufschema eines Ökoaudit

Das Verfahren sieht folgende Schritte vor (siehe auch Abbildung 8<sup>38</sup>):

1. Festlegung der Umweltpolitik, Selbstverpflichtung des Unternehmens
2. Überprüfung der standortspezifischen Umweltprobleme
3. Analyse der Produktionsprozesse
4. Aufbau eines Umweltmanagementsystems
5. Aufstellung eines Umweltprogrammes
6. Durchführung einer externen Umweltbetriebsprüfung
7. Dokumentation und interne Auswertung
8. Abgabe einer öffentlichen Umwelterklärung
9. Prüfung durch externen Umweltgutachter
10. Verleihung des EU-Zertifikats und Registrierung als auditiertes Unternehmen

<sup>38</sup>[WOTTE 96], Abb. 8

Die Umweltprüfung (Schritt 2) und Erfolgskontrolle (Schritt 6) wird durch einen qualifizierten Umweltbetriebsprüfer durchgeführt. Das bei erfolgreicher Kontrolle verliehene EU-Zertifikat ist zeitlich befristet und muß spätestens alle 3 Jahre durch weitere Umweltbetriebsprüfungen erneuert werden. Hierdurch soll eine kontinuierliche Verbesserung der Organisationsstruktur, des Managements und der ökologischen Betriebsstrukturen gewährleistet werden. Die Zertifizierung der Überprüfung berechtigt zur Führung eines Umwelt-Gütezeichens im Firmenlogo.

## 2.3 Umsetzung auf Produktebene

In den letzten Jahren sind eine Vielzahl von methodischen Ansätzen zur Beurteilung der durch Produkte und Prozesse verursachten ökologischen Auswirkungen entstanden. Hierbei sind im wesentlichen drei Kategorien zu nennen, die in den folgenden Unterkapiteln behandelt werden: Restriktionen (Unterkapitel 2.3.1), Inhaltsangaben (Unterkapitel 2.3.2) und Wirkungsanalysen (Unterkapitel 2.3.3). Darüber hinaus werden mit der Technikfolgenabschätzung (Unterkapitel 2.3.4) und Risikoanalyse (Unterkapitel 2.3.5) Methoden vorgestellt, deren Analyse sich nicht ausschließlich auf die Produktebene beschränkt.

### 2.3.1 Restriktionen

Hierbei handelt sich im wesentlichen um eine Auswahl mit implizierter Bewertung von Lösungen oder Produkten in Form von Gesetzen und Vorschriften, Gütezeichen/Labels oder Negativlisten.

- Gesetze und Vorschriften (z.B. Verbot von Asbest, MAK-Werte, Wärmeschutzverordnung)  
Der Vorteil liegt darin, daß der Umweltschutz auf diese Weise legal verbindlich geregelt ist. Nachteile sind die langen Verzögerungen bis zur Verabschiedung des Gesetzes, aber auch Akzeptanzprobleme und das Risiko von unvorhersehbaren Nebeneffekten aus. Außerdem werden die vorgeschriebenen Grenzwerte oft als Zielwerte betrachtet und die Motivation, diese zu unterschreiten, ist gering.
- Gütezeichen/Labels (z.B. "Blauer Engel")  
Produkte werden von einer autorisierten Stelle analysiert und können bei Erfüllung der geltenden besonderen Anforderungen an den Umweltschutz mit einem Gütezeichen ausgezeichnet werden. Vorteile liegen in der Einfachheit der Anwendung, Probleme mit den Herstellern sind nicht zu erwarten. Als Nachteile sind die mangelnde Transparenz für den Anwender bei der Produktanalyse sowie die mangelnde Flexibilität (Gütezeichen können nicht an neue Erkenntnisse und somit neue Anforderungen angepaßt werden, dazu muß ein neues Gütezeichen entwickelt werden) zu nennen.
- Negativlisten (z.B. Formaldehyd, Treibgas)  
Die Anwendung bestimmter Stoffe wird aufgrund ihres Einflusses auf die Umwelt oder die menschliche Gesundheit nicht befürwortet. Der Vorteil liegt wiederum in der einfachen Handhabbarkeit sowie in der schnellen Einführbarkeit. Nachteile sind in den unvermeidbaren Konflikten mit betroffenen Herstellern zu sehen. Zudem wird nie eine Vollständigkeit der "zu vermeidenden Stoffe" erreicht werden, so daß auch keine Sicherheit für den Nutzer gegeben ist.

### 2.3.2 Inhaltsangaben

Hierbei werden die Inhaltsstoffe des Objekts ohne weitere Bewertung angegeben (außer der Auswahl der analysierten Eigenschaften und der Systemgrenzen, die eine implizite Bewertung darstellt). Dies trifft zu für Produktdeklarationen und lebenszyklusbezogene Sachbilanzen.

- **Produktdeklarationen (z.B. Medikamente und Nahrungsmittel)**  
Es handelt sich um eine standardisierte Auflistung aller deklarationspflichtigen Inhaltsstoffe eines Produkts, meistens in der Reihenfolge ihrer mengenmäßigen Anteile. Vorteile sind die Transparenz für den Konsumenten und die einfache Anwendung. Als Nachteile sind zu nennen, daß nicht alle Stoffe wirklich deklarationspflichtig sind (vgl. die aktuelle Diskussion um genmanipuliertes Soja), daß kein Bezug zwischen Inhaltsstoff und Wirkung auf Umwelt und Mensch hergestellt wird und daß nur das Endprodukt, nicht jedoch der Herstellungsprozeß deklariert wird.
- **Lebenszyklusbezogene Sachbilanzen (z.B. Energie- und Stoffstrombilanzen)**  
Der gesamte Lebenszyklus eines Produktes von der Herstellung über die Nutzung bis zur Entsorgung wird in einer Input-Output-Analyse bilanziert. Der Vorteil der lebenszyklusbezogenen Sachbilanzen liegt darin, daß alle Stoffströme in allen Lebensphasen berücksichtigt werden können. Nachteilig wirkt sich die Komplexität der Methode, die daraus resultierenden Schwierigkeiten beim Etablieren und der fehlende internationale Konsens über die Festlegung von Systemgrenzen aus. Außerdem fehlt auch bei einer reinen lebenszyklusbezogenen Sachbilanz noch der Bezug zu den Umwelteinflüssen.

### 2.3.3 Wirkungsanalysen

Ursachen und Wirkungen werden auf der Grundlage einer lebenszyklusbezogenen Sachbilanz miteinander verknüpft und die Einwirkungen mittels eines mehr oder weniger expliziten und aggregierten Modells bewertet. Diese Gruppe umfaßt alle im folgenden Unterkapitel genauer beschriebenen Methoden.

- **Ökobilanz**  
Im heutigen Sprachgebrauch steht Ökobilanz als Oberbegriff für alle möglichen Strategien zur Bilanzierung und Bewertung des Einflusses menschlicher Tätigkeit auf die Umwelt. Die ursprüngliche Idee war die Berücksichtigung aller Lebensbereiche von Wirtschaftsleistungen bei der ökologischen Beurteilung von Prozessen oder Produkten. Das erfordert eine sorgfältige Lebenszyklusanalyse von der Rohstoffbeschaffung über die Herstellung, den Gebrauch, eventuell das Recycling bis hin zur Entsorgung. Mit dem Thema Ökobilanzen hat sich im Umweltbundesamt eine eigene Arbeitsgruppe befaßt, die folgenden Definitionsvorschlag unterbreitete:  
Die Ökobilanz ist ein möglichst umfassender Vergleich der Umweltauswirkungen zweier oder mehrerer unterschiedlicher Produkte, Produktgruppen, Systeme, Verfahren oder Verhaltensweisen. Sie dient der Offenlegung von Schwachstellen, der Verbesserung der Umwelteigenschaften der Produkte, der Entscheidungsfindung in der Beschaffung und im Einkauf, der Förderung umweltfreundlicher Produkte und Verfahren, dem Vergleich alternativer Verhaltensweisen und der Begründung von Handlungsempfehlungen. Je nach der zugrundeliegenden Fragestellung wird dieser Vergleich um weitere Aspekte ergänzt, z.B. einer Beurteilung der Umweltschutzeffizienz finanzieller Mittel.<sup>39</sup>
- **Produktlinienanalyse**  
Das Öko-Institut Freiburg führte den Begriff der Produktlinienanalyse als Ergänzung zu den Ökobilanzen ein. Die Produktlinienanalyse soll die Ökobilanz um zusätzliche Kriterien aus gesellschaftlichen (soziale Aspekte) und volkswirtschaftlichen (Nutzen-Aspekt) sowie betriebswirtschaftlichen Bereichen erweitern. Es gibt keine gesetzliche Grundlage für die Produktlinienanalyse. Die zusätzliche Analyse des Konsumverhaltens und des Nutzens eines Produktes soll auf Fehlentwicklungen in der Gesellschaft aufmerksam machen und helfen, Alternativen zu finden. Ob jedoch über Bewertungen des Sozialverhaltens ein gesellschaftlicher Konsens gefunden werden kann, erscheint fragwürdig.

### 2.3.4 Technikfolgenabschätzung

Ursprünglich wurde die Technikfolgenabschätzung (TA) als parlamentarisches Instrument eingeführt. Mittlerweile wird sie als universelles Instrument zur Bewertung von Techniken und Technologien verwendet. Ziele der Technikfolgenabschätzung sind:

- Analyse des Standes der Technik und ihrer Entwicklungsmöglichkeiten,
- Abschätzung der unmittelbaren und mittelbaren technischen, wirtschaftlichen, gesundheitlichen, ökologischen, humanen, sozialen und anderen Folgen,
- Beurteilung dieser Folgen auf der Grundlage definierter Ziele und Werte, ggf. Forderung weiterer Entwicklungen,
- Ableitung und Ausarbeitung von Handlungs und Gestaltungskriterien.

TA soll Politik beraten, nicht ihre Entscheidungen abnehmen. Als Maßstab werden Werte vorgegeben, an denen das technische Handeln gemessen werden soll, wie z.B. Funktionsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit, Wohlstand, Gesundheit, Sicherheit, Umweltqualität, Gesellschaftsqualität, Persönlichkeitsentfaltung.<sup>40</sup>

Mit diesen Zielen ist die Technikfolgenabschätzung um einiges umfassender als die zuvor genannten Bewertungsmethoden und zugleich von höherer gesellschaftlicher Bedeutung.

### 2.3.5 Risikoanalyse

Zweck der Risikoanalyse ist die Abschätzung der Risiken für Mensch und Natur, die mit Produkten, Verfahren oder Technologien verbunden sind. Um zu einer quantitativen Aussage über die Höhe des Risikos zu gelangen, wird die Wahrscheinlichkeit, daß der Schadensfall eintritt, multipliziert mit der zu erwartenden Schadensgröße. Die Autoren des Zwischenberichts der Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" führen dazu aus:

Problematisch an diesem stark eingeschränkten, am technischen Versagen bzw. Unfall orientierten Risikobegriff ist die Nichtberücksichtigung der Risiken des Normalbetriebs, d.h. der schleichenden Nebenwirkungen und langfristigen Folgewirkungen sowie insbesondere die Nichtberücksichtigung noch unbekannter Risiken. Letzteres führt zu der problematischen Konsequenz, daß mit dem Grad der Unsicherheit, mit steigendem Nicht-Wissen über die potentiellen Schadensmöglichkeiten und deren Eintrittswahrscheinlichkeit das quantifizierbare Risiko eher sinkt anstatt steigt. Deshalb versucht man, dieses Manko durch eine qualitative Risiko-, Technik- und Fehlerbaumanalyse (Systemaufbau, Komplexitätsgrad, Eingriffstiefe) und durch Plausibilitätsbetrachtungen über bisher noch unbekanntes Schadensmöglichkeiten zu verringern.<sup>41</sup>

### 2.3.6 Fazit

Die oben beschriebenen Methoden wurden für verschiedene Anwendungen und auf unterschiedlichen Ebenen entwickelt und drücken somit auch bestimmte Standpunkte aus. Dies schränkt die Allgemeingültigkeit ihrer Anwendbarkeit ein. All die unterschiedlichen Arten der Einflußnahme auf die Umwelt haben jedoch einen gemeinsamen Ausgangspunkt: die Stoffströme, die dafür in Bewegung gesetzt werden. Entsprechend müssen Wirkungsanalysen der Ausgangspunkt für die Beurteilung von Umweltbelastungen sein.

---

<sup>39</sup>[UBA 92]

<sup>40</sup>[WOTTE 96], S.207

<sup>41</sup>[ENQUETE 97], S.154

## 2.4 Bezug zum Bauwesen

Dieses Kapitel beschreibt Möglichkeiten zur Anwendung der in den vorherigen Abschnitten beschriebenen Instrumente auf das Bauwesen.

### 2.4.1 Umweltverträglichkeitsprüfung in der Bauleitplanung

Die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) ist ein Instrument, das die Berücksichtigung von ökologischen Aspekten und Umweltwirkungen gerade auch im Bereich Bauwesen ermöglicht. Inhalt der Analyse und Bewertung durch die UVP sind in diesem Fall die Auswirkungen städtebaulicher Vorhaben auf die Menschen, Flora und Fauna, die Umweltkompartimente Boden, Wasser und Luft, das Klima und die Landschaft. Kultur- und sonstige Sachgüter werden ebenfalls berücksichtigt.

UVPs können für Flächennutzungs- und Bebauungspläne erstellt werden:

Eine freiwillige Umweltverträglichkeitsprüfung hat im Flächennutzungsplanverfahren die Aufgabe, den Bedarf an neuen Bauflächen und sonstigen Bodennutzungen sowie das künftige Nutzungsgefüge des Gemeindegebiets auf seine Umweltverträglichkeit zu prüfen. Beim Bebauungsplanverfahren geht eine Umweltverträglichkeitsprüfung auch auf Planungsvarianten ein und prüft einzelne Planungsaussagen auf ihre Auswirkungen und Einwirkungen auf den vorgegebenen Standort.<sup>42</sup>

### 2.4.2 Ökoaudit für Firmen der Baubranche

Gewerbliche Unternehmen können mit Hilfe des Ökoaudit-Verfahrens aufgrund der EG-Verordnung ein Umweltmanagement auf freiwilliger Basis aufbauen. Dies stellt für baugewerbliche Unternehmen und dank der deutschen Erweiterungsverordnung auch für Dienstleistungsunternehmen aus der Baubranche eine Möglichkeit dar, neben der Entwicklung von Konzepten und Maßnahmen zur Einsparung von Ressourcen (betriebsinterne Verbesserung) durch Zertifizierung Wettbewerbsvorteile und einen Image-Gewinn zu erzielen.

### 2.4.3 Umsetzung bei Bauprodukten

Restriktionen als Methode zur Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung sind im Baubereich sowohl in Form von Vorschriften und Gesetzen (Asbestverordnung, Einhaltung von MAK-Werten, Schalldämm-Werten oder k-Werten) sowie Negativlisten (Formaldehyd in Holzprodukten) üblich; Gütezeichen sind in diesem Bereich weniger gebräuchlich.

Inhaltsangaben in Form von Deklarationen und lebenszyklusbezogenen Sachbilanzen für Bauprodukte werden zur Zeit von einigen Forschungsinstituten erarbeitet (siehe hierzu auch Kapitel 4.3.3 und 5.6.3). Eine Deklarationspflicht gibt es bisher nicht. Wie bereits im Kapitel 2.3.2 erläutert, ist die Erstellung einer Sachbilanz nur der erste Schritt auf dem Weg zu einer Beurteilung der ökologischen Auswirkungen.

Mit Wirkungsanalysen anhand von Ökobilanzen (oder den umfassenderen Produktlinienbilanzen) steht eine Methode zur Verfügung mit derer Hilfe komplexe Gebilde wie Gebäude oder Bestandteile von Gebäuden hinsichtlich ihrer Energie- und Stoffströme für die gesamte Lebensdauer analysiert und in ihren ökologischen Auswirkungen beurteilt werden können.

Beispiele der Anwendung von Technikfolgenabschätzung oder Risikoanalyse im Baubereich sind der Verfasserin nicht bekannt.

---

<sup>42</sup>[BMBau 96], S.62

## **2.5 Fazit**

Die Umsetzung nachhaltiger Entwicklung findet auf verschiedenen Ebenen statt. Wie im vorigen Unterkapitel gezeigt, gilt dies auch für das Bauwesen. Für die Bewertung auf der Produktebene respektive für die Bewertung von Gebäuden, kommen nur Verfahren in Frage, welche die Energie- und Stoffströme – über den gesamten Lebenszyklus betrachtet – analysieren und in ihren Wirkungen auf die Umwelt bewerten.

Im folgenden Kapitel 3 wird deshalb das Instrument der Lebenszyklusanalyse ausführlich beschrieben; das darauf folgende Kapitel 4 ist der Anwendung der Lebenszyklusanalyse im Bauwesen gewidmet.



### 3 Lebenszyklusanalyse

Der Begriff Ökobilanz ist zwar im deutschen Sprachraum gebräuchlich, im Rahmen der internationalen Forschung sind der Begriff “(Environmental) Life Cycle Impact Assessment” und die Abkürzung “LCA” etabliert. Deshalb wird in Anlehnung daran im folgenden der Begriff Lebenszyklusanalyse anstelle von Ökobilanz verwendet.

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit dem Instrument Lebenszyklusanalyse als Bewertungsmittel. Dabei wird der Begriff Bewertung nicht im betriebswirtschaftlichen Sinne als Zuordnung eines Wertes, sondern im übertragenen Sinne einer Beurteilung verwendet.

Im ersten Unterkapitel 3.1 wird das Standardmodell einer Lebenszyklusanalyse beschrieben, das zweite (3.2) beschäftigt sich mit verschiedenen Bewertungsgrößen und -verfahren.

#### 3.1 Standardmodell einer Lebenszyklusanalyse

Grundlage jeder Bewertung ist eine Stoffstrombilanz. Die entsprechenden Bilanzierungsverfahren sind auf internationaler Ebene definiert worden. Die Gesellschaft für Umwelttoxikologie und Umweltchemie (SETAC) hat 1993 ein Modell erarbeitet<sup>43</sup>, auf dessen Grundlage der internationale Standard DIN ISO 14040<sup>44</sup> entstand.

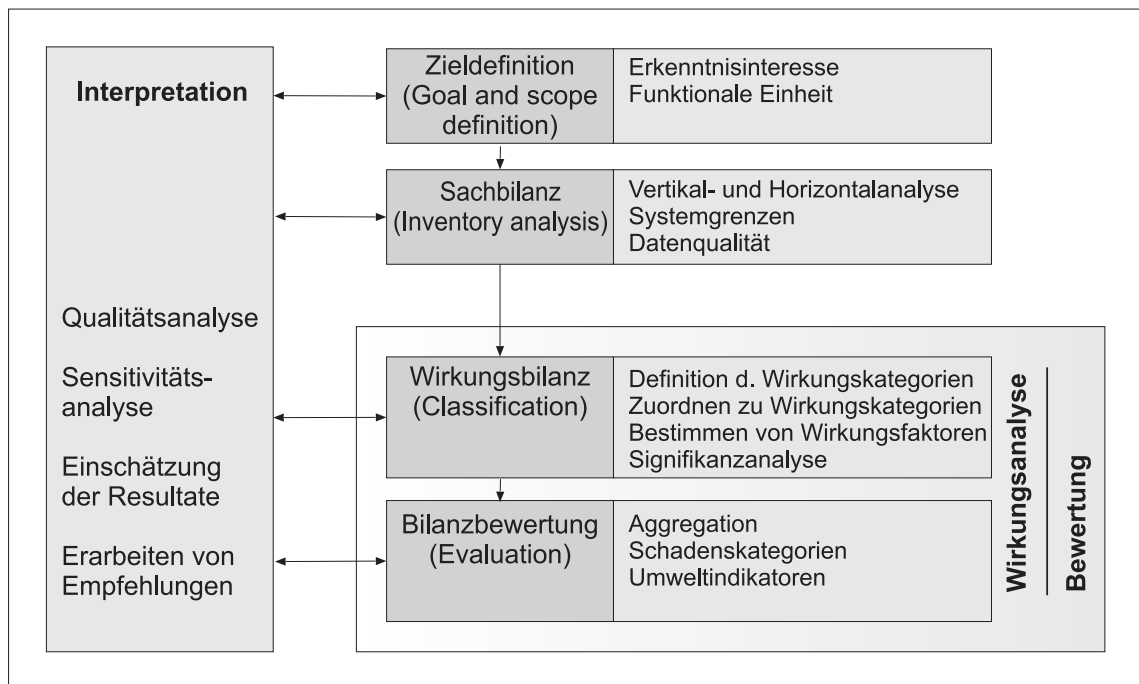


Abbildung 9: Modell einer Lebenszyklusanalyse nach DIN ISO 14040

Für die Bewertung von Umwelteinflüssen mittels Lebenszyklusanalyse sind folgende Schritte (Abbildung 9) durchzuführen:

<sup>43</sup>[SETAC 93]

<sup>44</sup>[DIN ISO 14040]. Neben der DIN ISO 14040 liegen noch Entwürfe für Referenzdokumente vor: ISO DIS 14041 als Draft International Standard zum Thema Sachbilanzierung, ISO CD 14042 als Committee Draft zum Thema Wirkungsanalyse und ISO CD 14043 als Committee Draft zum Thema Interpretation/Auswertung.

### 3.1.1 Zieldefinition (Goal and scope definition)

Die Zieldefinition gibt die Rahmenbedingungen für den weiteren Bilanzierungsverlauf vor. Im einzelnen besteht sie aus den Schritten:

- Formulierung des Zweckes bzw. Erkenntnisinteresses
- Festlegung des zu untersuchenden Produktes
- Festlegung der funktionalen Einheit bzw. funktionalen Äquivalenz (functional unit); Produkte können nur auf Basis ihres Nutzens oder Leistungsvermögens sinnvoll verglichen werden, und diese Basis muß in diesem Schritt eindeutig festgelegt werden.
- Festlegung der Bilanzgrenzen; die Festlegung der Bilanzgrenzen muß sowohl räumlich als auch zeitlich erfolgen (daher auch: "Lebenszyklusanalyse").

Nur wenn diese vier Punkte klar definiert sind, ist eine Lebenszyklusanalyse vollständig, nachvollziehbar und aussagekräftig.

### 3.1.2 Sachbilanz (Inventory analysis)

In diesem Schritt wird die Datenbasis erarbeitet. Es erfolgt zunächst keine Bewertung.

- Vertikalanalyse:  
Die Darstellung erfolgt nach Phasen wie Produktion, Distribution/Transport, Nutzung, Entsorgung. Es erfolgt üblicherweise die Auswertung, also Bilanzierung, eines Ist-Zustandes, zumindest aber eines bis ins Detail durchgeplanten Zustandes.  
Der Begriff Vertikalanalyse leitet sich von der Vorstellung ab, daß der "Lebensweg" eines Produktes als Abfolge einzelner Abschnitte auf einem Papier untereinander dargestellt werden kann, angefangen mit der Beschaffung der Rohstoffe bis zur Entsorgung des nicht verwertbaren Abfalls. Neben jedem Abschnitt werden auf der einen Seite die Entnahmen aus der Natur (Ressourcen) und auf der anderen Seite die Rückgabe an die Natur (Emissionen) und eventuell entstehende Neben- oder Koppelprodukte eingetragen. Jeder dieser Abschnitte kann separat als eigenständiges Modul mit eigenen Eingängen und Ausgängen von bzw. zu den anderen Modulen untersucht werden.  
In der Vertikalanalyse werden die Grenzen der Analyse gezogen, da hier die Entscheidung fällt, welche Module und welche Stoffströme aufgrund ihrer Relevanz für das Ergebnis der Bilanz berücksichtigt werden müssen und welche außer acht gelassen werden können.  
Ein Beispiel für eine Prozeßkette, wie sie der Sachbilanz zugrunde liegt, findet sich in Abbildung 10.<sup>45</sup>
- Horizontalanalyse:  
Sie besteht in der Formulierung der zu berücksichtigenden Kategorien und Indikatoren, entsprechend den seitlichen Einträgen in der unter Punkt Vertikalanalyse beschriebenen und auf Abbildung 10 dargestellten Vorstellung.

---

<sup>45</sup>[VFF 98], Bild 14

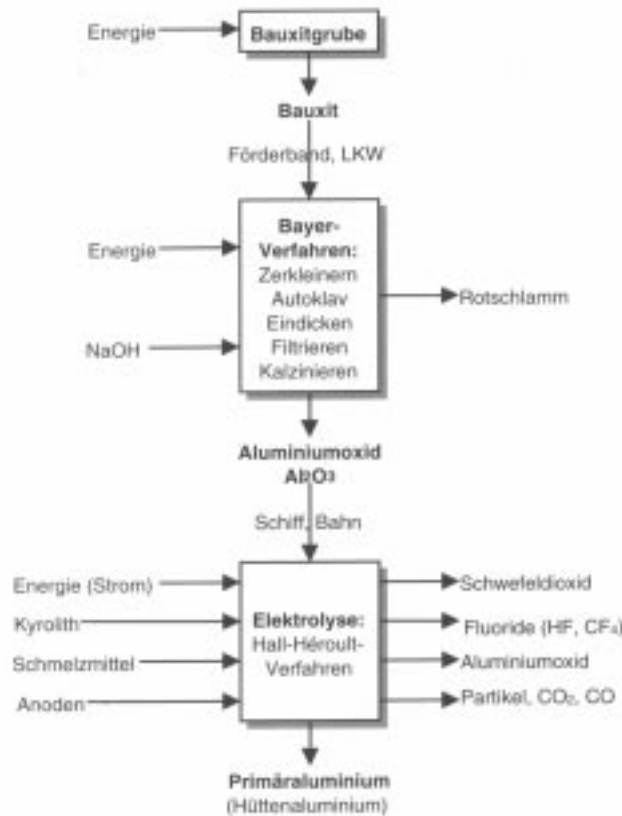


Abbildung 10: Prozeßkette für die Herstellung von Primäraluminium

- Lebenswegkriterien, Abschneidekriterien/Systemgrenzen:  
Bei der Verknüpfung von Modulen müssen die Schnittstellen definiert werden. Dazu werden sogenannte Allokationsregeln aufgestellt, welche die Zuordnung von Prozessen/Flüssen an der Schnittstelle (z.B. Transportprozesse oder Koppelprodukte) zu den Modulen regeln. An dieser Stelle erfolgt die Berücksichtigung von Recyclingprodukten und Verwendung von Sekundärrohstoffen (siehe auch Kapitel 4.2.5).
- Herkunft und Qualität der Daten:  
Daten sollten auf Plausibilität und Vollständigkeit überprüft werden. Bei der Auswahl der Daten sind zwei Arten zu unterscheiden, allgemeine Daten (Daten über Transport- und Energiebereitstellungsprozesse und über Herstellungsverfahren von Massengütern wie Stahl oder Papier) und spezifisch ermittelte Daten (Daten über ein spezielles Herstellungsverfahren oder besondere Produkte). Für die allgemeinen Daten wäre eine möglichst breit abgesicherte und weit verbreitete Datenbank wünschenswert, um die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Bilanzen zu sichern. Aber auch die spezifisch ermittelten Daten sollten zwecks Nachprüfbarkeit ggf. anonymisiert zur Verfügung gestellt werden. Mit SPOLD<sup>46</sup> steht ein Austauschformat für Daten von Sachbilanzen zur Verfügung.  
Bei der Auswahl der Daten stellt sich das Problem, daß aufgrund mangelnder Verfügbarkeit oder zu großer Vielzahl nicht alle Daten berücksichtigt werden können. Jede getroffene Vorauswahl kann jedoch eine Beeinflussung des Ergebnisses zur Folge haben.

<sup>46</sup>siehe [SPOLD 96]

### 3.1.3 Wirkungsbilanz (Classification)

- Beschreibung der Umweltwirkungen infolge der in der Sachbilanz erhobenen Daten
- Zuordnung von Wirkungsindizes, sofern diese Zuordnung von Wirkungen auf die in der Sachbilanz ermittelten Daten unmittelbar möglich ist.

In der Wirkungsbilanz werden wie in der Sachbilanz nur Daten zusammengestellt, es folgt wiederum keine Bewertung. Dazu fließt das jeweils aktuelle Wissen über die Einwirkungen von Stoffen auf die Umwelt ein. Dieses Wissen wird und muß ständig erweitert werden. Bisher sind die Umweltwirkungen der wenigsten im Wirtschaftskreislauf anzutreffenden Chemikalien ausreichend erforscht. Überdies kann die Auswirkung auf die Umwelt nicht direkt aus den in der Sachbilanz erhobenen Emissionen geschlossen werden, da diese teilweise abgebaut, verdünnt oder in einer anderen Form als Immissionen bei Pflanzen, Gewässern oder Gebäuden ankommen. Ein weiteres Problem stellt sich durch die Abhängigkeit von Umweltwirkungen von Zeitpunkt und Ort, an dem der Stoff in die Umwelt eintritt, sowie durch verstärkende oder abschwächende Wirkungen durch Kombinationen von gleichzeitig eingebrachten Stoffen.

Man kann für den Teil der Wirkungsbilanz, der sich mit den tatsächlichen Umweltwirkungen beschäftigt (impact assessment) zwei prinzipielle Vorgehensweisen unterscheiden, die "single-step"- und die "multi-step"-Lösung. Vorteil der Einschritt-Variante ist die Einfachheit ihrer Anwendung; es wird das Ergebnis der Sachbilanz direkt mit Referenzwerten verknüpft, und diese fließen in einer Aggregation zusammen. Die Mehrschritt-Variante zeichnet sich vor allem durch mehr Transparenz aus. Substanzen, die wechselseitige Einflüsse auf einen Umweltaspekt haben, können auf eine durchschaubare Art berücksichtigt werden, Methoden, die auf naturwissenschaftlichen Verfahren beruhen, können neben solchen, die auf sozialwissenschaftlichen Erkenntnissen beruhen, dargestellt werden. Zusätzlich ergibt sich eine bessere Struktur für den nächsten Schritt, die Bilanzbewertung. In der DIN ISO 14040<sup>47</sup> ist die Mehrschritt-Variante in Anlehnung an die von der SETAC entwickelte Methode (Code of Practice) festgelegt. Die einzelnen Schritte sind "Definition" (Definition), "Classification" (Klassifizierung), "Characterisation" (Charakterisierung), "Technical Analysis of Significance" (dies entspricht etwa einer Signifikanzanalyse z.B. durch Normalisierung<sup>48</sup>) und eventuell "Valuation", wobei dieser Schritt auch in die folgende Bilanzbewertung eingegliedert sein kann.

Im Schritt Definition werden die zu betrachtenden Wirkungskategorien festgelegt, im Schritt Klassifizierung erfolgt die Zuordnung von den in der Sachbilanz erhobenen Einflüssen auf die Umwelt zu diesen Wirkungskategorien. Die Charakterisierung ist der Schritt, in dem die Einflüsse quantitativ den Wirkungskategorien zugeordnet werden müssen. Dies sollte, soweit möglich, auf der Basis naturwissenschaftlicher Erkenntnisse erfolgen. Praktisch bedeutet dies, daß für jede Wirkungskategorie ein Faktor bestimmt werden muß, anhand dessen die einzelnen Einflüsse quantifiziert werden. Die Faktoren, die für diese Quantifizierung benützt werden, werden als "characterisation factors" (SETAC) oder "equivalency factors" (ISO) bezeichnet.

Obleich die Wirkungsbilanz keine Wertung enthalten soll, bedeutet auch hier die Auswahl der betrachteten Wirkungen sowie die Festlegung der Äquivalenzfaktoren, sofern keine vollständige wissenschaftliche Methode zugrunde liegt, bereits eine Vorentscheidung.

---

<sup>47</sup>[DIN ISO 14040]

<sup>48</sup>Unter Normalisierung wird in diesem Zusammenhang das Beziehen der einzelnen Umweltwirkungen auf eine Bezugsgröße verstanden. Der Hauptzweck einer Normalisierung besteht darin, die ökologische Last des untersuchten Produkts auf die ökologische Last seiner Umgebung zu beziehen, d.h. eine Relation zwischen der "Micro-Welt" des Produkts und der es umgebenden "Makro-Welt" herzustellen.

### 3.1.4 Bilanzbewertung (Evaluation)

- Gesamtbewertung der Ergebnisse aus Sach- und Wirkungsbilanz
- Sensibilitätsanalyse

Die verschiedenen in der Wirkungsbilanz erhobenen Umweltwirkungen können in diesem Schritt zu einer Gesamtbeurteilung aggregiert werden. In den meisten Fällen wird jedoch nicht ein Produkt in allen Umweltwirkungen besser abschneiden als alle anderen, sondern jedes einzelne wird Vor- und Nachteile aufweisen, die jetzt gegeneinander abgewogen werden müssen.

Hierzu wurden eine Vielzahl von Methoden entwickelt: (An dieser Stelle erfolgt eine kurze Zusammenstellung, ausführliche Beschreibungen finden sich in Kapitel 3.2.3)

- Effektorientierte Methoden
- Ökologische Knappheit/Ökofaktoren
- Nutzwertanalysen
- Schaden-Nutzen-Analyse/Schadstoffschöpfung
- verbal argumentative Bewertungsmethoden.

Über Gewichtungsfaktoren kann man zu einem Gesamtindex oder zu wenigen speziellen Indizes gelangen. Analog zu den “equivalency factors”/“characterisation factors” des Schrittes Charakterisierung in der Wirkungsbilanz werden diese Faktoren hier “valuation factors” genannt. Hierbei wird zum Beispiel festgelegt, wo die kritische Belastungsgrenze für Schadstoffe liegt. Die durch das Produkt ausgelöste Belastung wird dann als prozentualer Teil davon ausgedrückt. Oder es wird versucht abzuschätzen, welche Kosten die Umweltwirkungen verursachen (“Umweltkosten”).

Jede Form der Aggregation zu einem Gesamtindex ist durch die notwendige Gewichtung der gänzlich unterschiedlichen Wirkungsindizes subjektiv und anfechtbar. Größtmögliche Transparenz kann man hier wiederum durch eine Mehrschritt-Methode erreichen, die die einzelnen Festlegungen offenlegt.

Je größer die Anzahl der berücksichtigten Einflußfaktoren ist, also je fundierter die Lebenszyklusanalyse selbst ist, desto schwieriger wird die Bewertung.

Verbal-argumentative Bewertungen versuchen gar nicht erst, Ungleiches miteinander zu verrechnen, sondern lassen die Uneindeutigkeit einer endgültigen Bewertung im Raum stehen.

Ein weiterer Punkt der Bilanzbewertung ist die Beurteilung der Fehler im gesamten Verfahren. Dabei sind Unsicherheiten bei der Datenlage ebenso in Betracht zu ziehen wie methodische Fehler.

### 3.1.5 Verbesserungsvorschlag (Improvement)

Als letzter Schritt erfolgt schließlich die Erarbeitung von Verbesserungsvorschlägen. Dieser Schritt ist bereits außerhalb der eigentlichen Lebenszyklusanalyse nach SETAC angesiedelt, rechtfertigt deren Erstellung jedoch erst. In der DIN ISO 14040<sup>49</sup> wird das Aufzeigen von Möglichkeiten zur Verbesserung der Umwelteigenschaften von Produkten in verschiedenen Phasen ihres Lebensweges als eine der Anwendungsmöglichkeiten von Produktökobilanzen gesehen.

---

<sup>49</sup>[DIN ISO 14040]

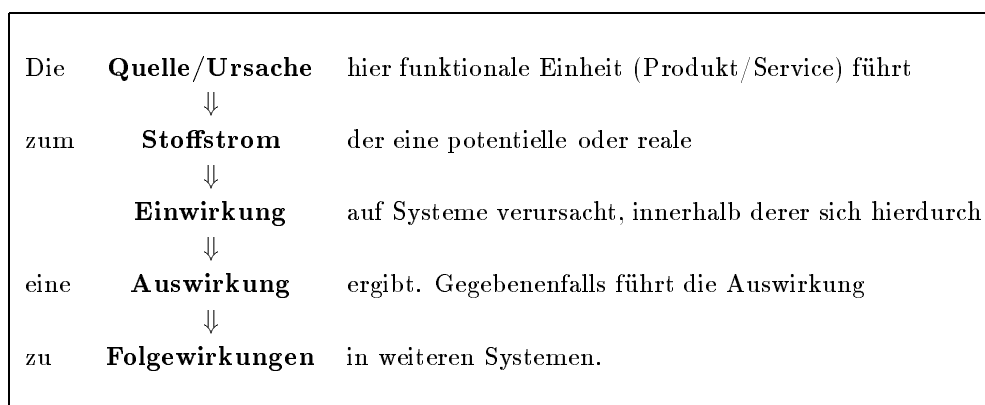
## 3.2 Bewertungsgrößen – Wirkungen, Effekte, Indikatoren

Im Rahmen von Lebenszyklusanalysen finden mehrere Schritte zur Gewichtung und Beurteilung statt, um von den in der Sachbilanz erhobenen Stoffströmen aus der Natur und in die Natur zu einem aussagekräftigen Resultat über die Umwelteinflüsse zu gelangen. Im Verlauf der Forschung auf dem Gebiet der Lebenszyklusanalyse wurden diverse Methoden entwickelt, die sich durch unterschiedliche Charakteristika auszeichnen. Dieses Kapitel gibt eine Übersicht über die derzeit üblichen Verfahren. Das erste Unterkapitel 3.2.1 ist hierbei der Begriffsklärung gewidmet, das zweite Unterkapitel 3.2.2 erläutert die räumliche Zuordnung von Umwelteinflüssen. In den folgenden Unterkapiteln werden jeweils die Wirkungsfaktoren (3.2.3), die Schutzziele (3.2.4), die Effekte (3.2.5) und die Umweltindikatoren (3.2.6) diskutiert. Das letzte Unterkapitel 3.2.7 ist den neueren und zukünftigen Entwicklungen gewidmet.

### 3.2.1 Begriffsklärung

#### Unterschied zwischen Einwirkungen und Auswirkungen

Der Versuch einer Erklärung des Zusammenhangs zwischen Ein- und Auswirkungen wurde im Schlußbericht zum Forschungsprojekt KOBEEK gemacht. Bei der Einwirkung (aktiver Teil) wird der Verursacher, der eine potentielle oder tatsächliche Einwirkungsmöglichkeit besitzt, betrachtet. Bei einer Auswirkung (passiver Teil) wird in der Regel das von einer Einwirkung betroffene System betrachtet. Es wird versucht, die Effekte im System, die durch eine Einwirkung verursacht werden, zu beschreiben und zu bewerten. Im Sinne einer Kausalkette können diese Effekte auch Folgewirkungen aufweisen.<sup>50</sup>



Bisher gibt es jedoch keine klare Zuordnung von Kriterien zu Ein- bzw. Auswirkungen. Im folgenden werden deshalb die Begriffe Wirkungen und Effekte so verwendet, wie sie derzeit gebräuchlich sind.

#### Unterschied zwischen Wirkungen und Effekten

In den derzeitigen Methoden zur Charakterisierung von Umwelteinflüssen werden meistens Umweltwirkungen beschrieben (z.B. Ozonabbau, Treibhauseffekt, Überdüngung etc.). Unter Umwelteffekten versteht man die gewählten Endpunkte der Wirkungskette im Sinne von Umweltschäden (z.B. Beeinträchtigung der Gesundheit, Verminderung der Biodiversität etc.). In diesem Sinne sind alle Schritte innerhalb dieser Wirkungskette Umweltwirkungen, da das Ende der Wirkungskette per Definition als Umwelteffekt bezeichnet wird. Da verschiedene Forscher diese Endpunkte an verschiedenen Stellen setzen, ist die Grenze zwischen Umweltwirkung und Umwelteffekt nicht eindeutig.

<sup>50</sup> vgl. [KOBEEK 96], S. 2-4

Abbildung 11<sup>51</sup> zeigt diesen Zusammenhang (links) und ein Beispiel für eine Wirkungskette nach HEIJUNGS<sup>52</sup> (rechts).

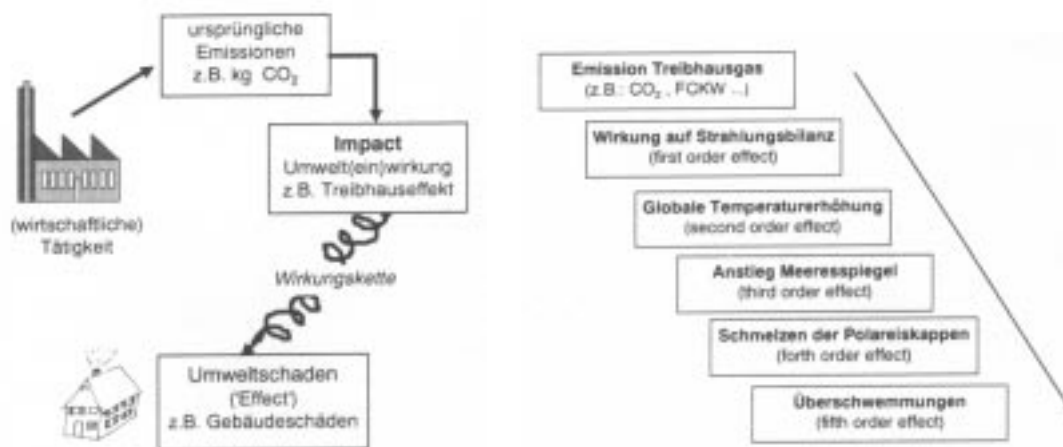


Abbildung 11: Zusammenhang zwischen Wirkung und Effekt. Beispiel einer Wirkungskette nach HEIJUNGS

### Von Emissionen über Umweltwirkungen zu Umweltindikatoren

Bevor sich die im Rahmen einer Sachbilanz ermittelten oder gemessenen Emissionen in Umweltindikatoren ausdrücken lassen, sind mehrere Schritte notwendig, die – bildlich gesprochen – über ein “Bewertungstreppe” (Abbildung 12<sup>53</sup>) führen.

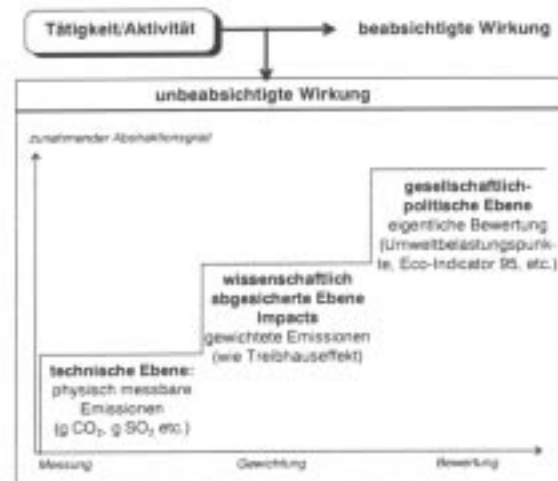


Abbildung 12: Die sogenannte Bewertungstreppe

Die tatsächlich anfallenden Emissionen einer menschlichen Aktion werden (im Rahmen der Sachbilanz) gemessen (1. Stufe). Danach findet die erste Gewichtung statt, um die Wirkung dieser Emissionen zu ermitteln (2. Stufe). In einem weiteren Schritt werden diese Umweltwirkungen bezüglich ihres Gefahrenpotentials und ihrer gesellschaftlichen Bedeutung bewertet (3. Stufe).

<sup>51</sup>[SIA D0152], S.136

<sup>52</sup>[HEIJUNGS 92] HEIJUNGS bezeichnet noch alle Zwischenschritte mit “effect” = Effekt, nach derzeitiger Nomenklatur wären dies jedoch “impacts” = Wirkungen.

<sup>53</sup>[SIA D0152], S.131

Während die ersten beiden Stufen überwiegend auf naturwissenschaftlich-technisch abgesicherten Erkenntnissen beruhen, ist der letzte Schritt von gesellschaftspolitischen Einflüssen geprägt.

Einige Methoden (vgl. Kapitel 3.2.6, Beispiele) teilen die 3. Stufe in zwei Schritte auf: im ersten Schritt werden die Wirkungsfaktoren über sogenannte Schadensfunktionen bestimmten Schutzziele zugeordnet, im zweiten Schritt werden die Beeinträchtigungen dieser Schutzziele zu einer Gesamtgröße aggregiert. Die Schadensfunktionen basieren auf naturwissenschaftlichen Erkenntnissen; die aus der Aggregation resultierende Gesamtgröße kann nur über gesellschaftspolitische Gewichtungen erfolgen.

In den folgenden Unterkapiteln werden verschiedene Wirkungsfaktoren, Schutzziele und Umweltindikatoren sowie zugrundeliegende Aggregationsmethoden beschrieben.

### 3.2.2 Räumliches Ausmaß

Die Einflüsse der Wirkungsfaktoren auf die Umwelt können ein unterschiedliches räumliches Ausmaß haben. Es werden folgende Bereiche unterschieden (siehe auch Kapitel 4.2.3)

- global  
Es gibt keine obere Grenze, die gesamte Umwelt im Sinne von Welt (Planet) ist davon betroffen.
- kontinental  
Die Umweltwirkung tritt räumlich auf den Kontinent begrenzt auf, bzw. die räumliche Systemgrenze für die Analyse wird beim Kontinent gezogen. Häufig wird auf die Unterscheidung zwischen kontinental und global verzichtet, alle Wirkungen, die ein überregionales Ausmaß haben, werden dann der Kategorie global zugeordnet.
- regional  
Eine präzise Definition ist schwierig, da die Grenzen durch das jeweils betrachtete Ökosystem vorgegeben werden. Dies kann beispielsweise eine Stadt oder ein Landstrich sein.
- lokal  
Die Grenzen sind durch das untersuchte Objekt und dessen räumliche Ausdehnung vorgegeben. Für Gebäude werden üblicherweise die Grundstücksgrenzen, für die Produktion von Gütern die räumlichen Grenzen der Produktionsstätte angenommen.

Die tatsächlichen Umweltwirkungen sind freilich unabhängig von den gewählten räumlichen Bilanzgrenzen, deshalb kann für die meisten auch kein eindeutiges räumliches Ausmaß angegeben werden.

### 3.2.3 Wirkungsfaktoren

#### Unterscheidung nach der Input/Output-Relevanz

Die SETAC schlägt eine Liste relevanter Wirkungsfaktoren vor, die sich aber weder als Minimal- noch als Maximalliste versteht. Sie wurde erstellt, um die Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Lebenszyklusanalysen zu verbessern, die Relevanz der verschiedenen Kategorien aufzuzeigen und um als Grundlage für weitere Studien zu dienen. In dieser Liste werden verschiedene Kategorien genannt; einige können sinnvollerweise in Unterkategorien aufgeteilt werden.

Die in Tabelle 1<sup>54</sup> dargestellte Liste nennt in der zweiten Spalte den räumlichen Wirkungsbereich und in der dritten Spalte den Ausgangspunkt innerhalb der Wirkungskette, der bei der Beurteilung der heutigen Methoden zugrunde liegt.

---

<sup>54</sup>[SETAC 96], Table 2



<u>A. Input related categories ("resource depletion or competition")</u>			
1.	abiotic resources (deposits, funds, flows)	glob	
2.	biotic resources (funds)	glob	
3.	land	loc	
<u>B. Output related categories ("pollution")</u>			
4.	global warming	glob	begin
5.	depletion of stratospheric ozone	glob	begin
6.	human toxicological impacts	glob/cont/reg/loc	end
7.	ecotoxicological impact	glob/cont/reg/loc	end
8.	photo-oxidant formation	cont/reg/loc	middle
9.	acidification	cont/reg/loc	begin/middle
10.	eutrophication (inc. BOD and heat)	cont/reg/loc	begin/middle
11.	odour	loc	end
12.	noise	loc	begin
13.	radiation	reg/loc	begin
14.	casualties	loc	end
<u>Pro Memoria: Flows not followed up to system boundary</u>			
	input related		
	(energy, materials, plantation wood, etc.)		
	output related		
	(solid waste, etc.)		

Tabelle 1: Wirkungsfaktoren und ihr räumlicher Wirkungsbereich und Ausgangspunkt innerhalb der Wirkungskette

#### Zu A: Input related categories

Die abiotischen und teilweise auch die biotischen Ressourcen müssen hierbei noch unterschieden werden in solche, die nur abgebaut werden können, aber im Betrachtungszeitraum nicht erneuert werden können (in der Tabelle "deposits"), in solche, die zwar abgebaut, aber im gleichen Zeitraum auch wieder erneuert werden können (in der Tabelle "funds") und in solche, die unendlich verfügbar sind. Die Kategorie "land" umfasst Umweltwirkungen auf die Landnutzung selbst, die Produktion von Waren und Zerstörung durch Verschmutzung, Zerstörung der Ökosysteme etc. Weitergehende Studien zu Ressourcen und aus ihrem Abbau resultierenden Umwelteinflüssen finden sich in einer Publikation der SETAC<sup>55</sup> und diversen Veröffentlichungen von FINNVEDEN.<sup>56</sup>

#### Zu B: Output related categories

Sie versucht die wichtigsten Arten des Einflusses auf die Umwelt abzudecken. Die einzelnen Punkte dieser Zusammenstellung befinden sich bezüglich ihrer Bedeutung keinesfalls in einem Gleichgewicht.

Weitergehende Studien zur Human- und Ökotoxizität finden sich in einer Publikation der SETAC<sup>57</sup> und diversen Veröffentlichungen von JOLLIET<sup>58</sup>, zu nichttoxischen Umwelteinflüssen (Global warming, stratospheric ozone depletion, acidification, photochemical ozone formation, und eutrophication) in einer Publikation der SETAC.<sup>59</sup>

<sup>55</sup>[SETAC 96], Part III

<sup>56</sup>[FINNVEDEN 94a], [FINNVEDEN 94b]

<sup>57</sup>[SETAC 96], Part IV

<sup>58</sup>[JOLLIET 94a], [JOLLIET 94b], [JOLLIET 96]

<sup>59</sup>[SETAC 96], Part V

### Zu Pro Memoria

Unter der Rubrik Pro Memoria sind Stoffströme berücksichtigt, die nicht als direkter Eingriff in die Umwelt (Ressourcenentnahme, Emissionen) durch das untersuchte Produkt zu sehen sind. Diese Stoffströme (z.B. Energie und Abfall) dürfen gleichwohl nicht vernachlässigt werden.

### Unterscheidung nach Ressourcenabbau/Umweltverschmutzung/Umweltschäden

Eine der ersten allgemein anerkannten Klassifizierungen verschiedener Umweltwirkungen findet sich bei HEIJUNGS.<sup>60</sup> Darin sind drei Kategorien vorgesehen: Ressourcenabbau, Umweltverschmutzung und Umweltschäden (siehe Tabelle 2<sup>61</sup>). Hervorgehoben sind jene Umweltwirkungen, die bereits operationalisiert wurden und in Lebenszyklusanalysen verwendet werden.

<b>Ressourcenabbau</b>	<b>Umweltverschmutzung</b>	<b>Umweltschäden</b>
<b>Abiotischer Ressourcenabbau</b>	<b>Treibhauseffekt</b>	Austrocknung
<b>Biotischer Ressourcenabbau</b>	<b>Ozonschichtabbau</b>	<b>Landschaftsverbrauch</b>
	<b>Humantoxizität</b>	(Ökosystemschäden)
	<b>Ökotoxizität</b>	Landschaftsschäden
	<b>Photochemische Oxidation/Smogbildung</b>	Menschliche Opfer
	<b>Versauerung</b>	
	<b>Überdüngung</b>	
	Radioaktive Strahlung	
	<b>Abwärme</b>	
	<b>Lärm</b>	
	<b>Gestank</b>	
	Arbeitsbedingungen	

Tabelle 2: Klassifizierung von Wirkungsfaktoren nach HEIJUNGS

### Klassifizierung nach dem räumlichen Ausmaß und dem betroffenen Umweltkompartiment

Im Forschungsprojekt REGENER wird eine Matrix über die verfügbaren und standardisierten Methoden vorgestellt, welche eine Klassifizierung nach dem räumlichen Ausmaß und dem betroffenen Umweltkompartiment vornimmt (siehe Abbildung 13<sup>62</sup>).

<sup>60</sup>[HEIJUNGS 92]

<sup>61</sup>Zitiert nach [SIA D0152], Tabelle 1

<sup>62</sup>[REGENER 97a], S.29

impact type		Spatial distribution			
		indoor	local building site	regional	global
related to the environment	air		changes of microclimate	<u>photochemical oxidant formation</u> *	ozone depletion <u>greenhouse effect</u> *
	water	drinking water consumption waste water	<u>sealing of ground</u> ,	change regional hydraulic equilibrium eutropisation	water resources
	soil	household and use related waste	<u>direct building waste</u> local erosion	<u>acidification</u> * <u>building waste</u> nutrification	<u>resource depletion</u> erosion land use*
	fauna & flora		<u>destruction of existing biotopes</u>	<u>ecotoxicology</u> * biotic resource depl.* radiation*	reduction of biodiversity* biotic resource depl.* radiation*
antropo-centric		<u>human toxicity</u> * <u>dust</u> <u>noise</u> <u>allergic potential</u> radioactivity electronic smog	<u>noise</u> <u>dust</u>	<u>external costs</u> damage to landscape radiation*	general resource depletion radiation*

considered in the quantitative simulations OGIP-KOBEK and partially in design tools (ECOPT and ECOPRO)

considered in the qualitative appreciation (risks) of design tools (ECOREAL)

\* standardized methods (SETAC-CML)

Abbildung 13: Verfügbare und standardisierte Methoden, Klassifizierung nach dem räumlichen Ausmaß und dem betroffenen Umweltkompartiment

### 3.2.4 Schutzziele

In manchen Publikationen über Bewertungsmethoden für Lebenszyklusanalysen<sup>63</sup> werden diverse Schutzziele genannt, teilweise sind sie auch in der DIN ISO 14040<sup>64</sup> verankert. Da es bisher darüber keine allgemeingültige Festlegung gibt, variieren diese Schutzziele jedoch sowohl in ihrer Bezeichnung als auch in der Abgrenzung der auf ein Schutzgut einwirkenden Schäden. Unumstritten ist, daß sowohl das menschliche Wohlbefinden als auch die Ökosysteme (in mehr oder weniger differenzierten Ausprägungen) als Schutzgüter anzusehen sind. Weitere Schutzgüter können sein: nicht erneuerbare Ressourcen bzw. Ressourcen allgemein oder andere Werte (z.B. Kulturgüter).

#### Menschliches Wohlbefinden

Nach der Definition der WHO<sup>65</sup> versteht man unter menschlichem Wohlbefinden **a state of complete physical, mental and social well-being, and not merely the absence of disease or infirmity.**<sup>66</sup> Abweichend hiervon werden im Rahmen der Lebenszyklusanalysen eine Reihe von Einflüssen auf das menschliche Wohlbefinden ausgeschlossen, weil sie nicht auf Auswirkungen menschlichen Handelns zurückzuführen sind oder weil sie Auswirkungen der sozialen oder ökonomischen Strukturen darstellen, die in Lebenszyklusanalysen explizit unberücksichtigt bleiben. Aufgrund der Struktur der Lebenszyklusanalysen können darüber hinaus nur Einflüsse berücksichtigt werden, die aus den bilanzierten Emissionen und Ressourcenverbräuchen abgeleitet werden können.

<sup>63</sup>[IWÖ 97], [GOEDKOOP 95], [HEIJUNGS 92], [STEEN 92]

<sup>64</sup>[DIN ISO 14040]

<sup>65</sup>WHO = World Health Organisation

<sup>66</sup>[WHO 92], S.6

Das Schutzziel “Menschliches Wohlbefinden” umfaßt alle zum Zeitpunkt der Bilanzierung lebenden Menschen und die zukünftigen Generationen. Schäden im Sinne dieser Beurteilungen sind der vorzeitige Tod, Krankheit und andere gesundheitliche Beeinträchtigungen, wobei die Beurteilung von Krankheit und gesundheitlicher Beeinträchtigungen zunehmend auf der Basis von Invalidität erfolgt.

Eine umfassende Darstellung über die Zusammenhänge zwischen Schutzzielen, Schäden und Schadensfunktionen findet sich in einer Publikation des IWÖ.<sup>67</sup>

### Ökosysteme

Die Begriffe “ecosystem”, “ecological health”, “ecological systems”, “intrinsic natural values”, “ecosystem impairment” und “biodiversity loss” werden von verschiedenen Autoren für dasselbe Schutzziel verwendet. In dieser Arbeit wird dieses Schutzziel mit dem Begriff “Ökosysteme” bezeichnet.

Wie bereits in Kapitel 1.1.1 kurz erläutert, sind Ökosysteme auf spezifische klimatische und topographische Situationen angepaßte, selbstregelnde Lebensgemeinschaften und somit eigenständige Teilsysteme. Die theoretische Vielzahl der Ökosysteme und die Überlappung ihrer Grenzen macht eine vollständige Beschreibung der Biosphäre mit allen Ökosystemen und den darin lebenden Spezies unmöglich. Die Beurteilung der durch Umwelteinflüsse entstandenen Schäden an einem Schutzziel im Sinne der Lebenszyklusanalyse setzt jedoch voraus, daß eine Veränderung des Zustands beschrieben und ausgewertet werden kann.

Eine Diskussion über verschiedene vereinfachende Beschreibungen des Schutzziels Ökosysteme und der Einflüsse unterschiedlicher Wirkungsfaktoren darauf findet sich in einer Publikation des schweizerischen Instituts für Wirtschaft und Ökologie IWÖ.<sup>68</sup>

#### 3.2.5 Effekte

Nach KOHLER<sup>69</sup> lassen sich Effekte am besten anhand des Wissenstands unterscheiden, den man über sie hat:

- unbekannte Effekte  
Vermutlich gibt es viele heute noch unbekannte Effekte. Eine Möglichkeit, derartige Effekte trotzdem zu berücksichtigen, besteht darin, einen Basisindikator einzuführen, mit dem sich die Umweltbelastungsintensität abschätzen läßt. Das MIPS-Konzept (siehe auch Seite 42) sieht zum Beispiel als Basisindikator für Dienstleistungen die durch sie verbrauchten Materialmengen ohne jegliche Gewichtung vor.
- potentielle Effekte (Gefahren)  
Die im Rahmen von Lebenszyklusanalysen ermittelten Wirkungsfaktoren basieren auf Emissionen/Ressourcenverbräuchen, die unabhängig von Ort und Zeitpunkt ihres Auftretens über den gesamten Lebenszyklus summiert werden. Damit können keine Aussagen über real auftretende Effekte gemacht werden, sondern nur über potentielle Effekte, d.h. über die Gefahr des Auftretens von Effekten.
- bekannte Effekte  
Wirkungsfaktoren, die auf der Grundlage von aktuellen Emissionen innerhalb eines festgelegten Zeitraums und einer begrenzten räumlichen Ausdehnung (Region) ermittelt werden, erlauben die Abschätzung eines tatsächlichen Risikos für die Schutzgüter.

---

<sup>67</sup>[IWÖ 97]

<sup>68</sup>[IWÖ 97]

<sup>69</sup>[KOHLER 98d]

### 3.2.6 Umweltindikatoren

#### Charakteristiken von Umweltindikatoren

Es gibt eine Vielzahl von Untersuchungen, die das Ziel haben, möglichst viele Wirkungsfaktoren in einer einzigen, den Einfluß auf die Umwelt ausdrückenden Größe zusammenzuführen. Diese Größe wird im folgenden als Umweltindikator bezeichnet. Eine Publikation der SETAC<sup>70</sup> bietet einen Überblick über die wichtigsten Umweltindikatoren mit ihren Hauptcharakteristiken. Dabei werden fünf Charakteristiken unterschieden:

- proxy
- technology
- monetarisation
- authorised targets/standards
- panels

Zu "proxy"

Diese Methoden verwenden eine oder wenige quantitativ erfaßbare Leitgrößen (proxy = Stellvertreter) als Indikatoren für Einflüsse auf die Umwelt, zum Beispiel den Energiebedarf, die Materialintensität oder den Flächenverbrauch. Die meisten dieser Gewichtungsmethoden sind inputorientiert und bilden damit eine sinnvolle Ergänzung zu den heute gängigen LCA-Verfahren, in denen die Input-Seite häufig vernachlässigt wird. Wirkungsfaktoren wie Ökotoxizität oder Ozonabbau sind jedoch mit diesen Umweltindikatoren kaum abbildbar.

Zu "technology"

Basierend auf dem technologischen Potential zur Reduzierung der ökologischen Last, wird diese Art der Bewertung der Ernsthaftigkeit des Umweltproblems nicht gerecht, da eine Abhängigkeit zwischen technologischem Fortschritt und vorangegangenen gesellschaftlichen Druck besteht. Als Beispiel für diese Methode kann SPI = Sustainable Process Index (TU Graz, Österreich) oder Abatement energy (TNO, Niederlande) genannt werden.

Zu "monetarisation"

Beim Prinzip der Monetarisierung wird einer bestimmten Menge jedes Wirkungsfaktors ein Geldbetrag zugeordnet. Für die Aggregation werden alle Beiträge in dieselbe Währung umgerechnet. Dabei geht man davon aus, daß die in der Ökonomie entwickelten Gewichtungsverfahren herangezogen werden können. Innerhalb dieser Methode gibt es eine Vielzahl sozio-ökonomischer Aspekte, die in einer monetären Einheit ausgedrückt werden können. Bisher gibt es keine Klassifizierung oder Terminologie, die allgemeine Zustimmung findet.

Für die Ermittlung der Preise gibt es mehrere Verfahren. MAIBACH definiert die wichtigsten folgendermaßen:

**Schadenskosten:** Sind diejenigen Kosten, die bei den Betroffenen anfallen, wenn negative externe Effekte nicht an der Quelle verhindert werden und diesen nicht ausgewichen werden kann.

**Vermeidungskosten:** Konzept zur Bewertung der externen Kosten. Es werden Kosten erfasst, welche zur Vermeidung externer Kosten getätigt werden.

**Zahlungsbereitschaft:** Auf der ökonomischen Wohlfahrtstheorie basierendes Mass für die Bewertung von Gütern. Die (maximale) Zahlungsbereitschaft entspricht dem Betrag, den ein Individuum für ein Gut maximal zu zahlen bereit ist.<sup>71</sup>

---

<sup>70</sup>[SETAC 96], Part VI

Umweltindikatoren, die auf dieser Methode basieren, sind beispielsweise DESC = “Decision model for Environmental Strategies of Corporation” (TME, Niederlande) oder EPS = “Environmental Priority Strategies system” (IVL, Schweden).

Zu “authorized standard/authorized targets”

Hierbei handelt es sich um eine Verallgemeinerung der “Kritische-Volumen”-Methode, welche die Menge der tatsächlichen Emissionen in bezug setzt zu der Menge, die ein Umweltkompartiment (Luft, Wasser) potentiell gerade noch aufnehmen kann. Eine genaue Beschreibung der Methode findet sich in einer Publikation des BUWAL.<sup>72</sup> Anstelle der kritischen Volumina können gesetzliche Immissionsgrenzwerte (MIK-Werte) oder auch ökologische Zielwerte als Bezugsgröße verwendet werden. Die Ziel- oder Grenzwerte können politischen Charakter haben, wissenschaftlich abgeleitet sein, rückblickend (im Sinne einer Wiederherstellung eines vergangenen Zustands) oder vorausschauend sein. Die Methode wird auch als DtT (“Distance-to-Target”)-Methode bezeichnet. Verschiedene Formen der DtT-Methode werden in einer Publikation der SETAC<sup>73</sup> diskutiert. Als Beispiele können genannt werden: Mole fraction (Universität Basel, Österreich) siehe auch bei SCHALTEGGER<sup>74</sup>, Critical Surface-Time (EPFL, Schweiz), Ecoscarcity (BUWAL, Schweiz) siehe auch in einer Publikation des BUWAL<sup>75</sup> und Eco-Indicator '95 (CML, Niederlande) siehe auch bei GOEDKOOP.<sup>76</sup>

Zu “panels”

Mit dieser Bewertungsform soll direkt erforscht werden, welche Prioritäten die Gesellschaft für die Verbesserung der Umwelteinflüsse setzt. Hierin kann sich die Meinung von Laien, gesellschaftlichen Gruppen, wissenschaftlichen Experten, Regierungen oder internationalen Organisationen widerspiegeln. Diese Methode besitzt die größte Subjektivität, da der Ausgangspunkt die direkte Kommunikation bzw. Diskussion zwischen Individuen/Gruppen ist. Für eine weniger explizit gesellschaftlich ausgerichtete Gewichtung gibt es kein Beurteilungsmodus, in den wissenschaftliche Informationen oder wissenschaftlich gestützte Ziele eingehen. Diese spielen jedoch insofern eine Rolle, da Präferenzen auf Fakten beruhen. Dennoch bleibt genügend Freiraum, von den Zielen oder Standards abzuweichen, um Unsicherheiten und Risikoabschätzungen einzubeziehen. In einem expliziteren Verfahren können die Bearbeiter aufgefordert werden, die verwendeten Rangfolge- und Gewichtungsfaktoren offenzulegen oder sich nach wissenschaftlich fundierten Grundlagen oder logischen Argumentationen zu richten.

Die Anwendung dieses gesellschaftspolitischen Ansatzes ermöglicht eine auf qualitativen Aussagen beruhende Gewichtung und damit eventuell einen besseren Umgang mit Unsicherheiten und der Tatsache, daß die menschliche Wahrnehmung für die Ernsthaftigkeit von Umwelteinflüssen qualitativer Art ist.<sup>77</sup>

---

<sup>71</sup>[MAIBACH 96], S.16

<sup>72</sup>[BUWAL 91]

<sup>73</sup>[SETAC 96], Part VI

<sup>74</sup>[SCHALTEGGER 91]

<sup>75</sup>[BUWAL 90]

<sup>76</sup>[GOEDKOOP 95]

<sup>77</sup>vgl. [SETAC 96], Part VI

### Aggregationsprinzipien von Umweltindikatoren

Eine andere Art der Kategorisierung, die verschiedene Aggregationsprinzipien unterscheidet, wird im Forschungsprojekt REGENER vorgeschlagen (siehe Abbildung 14<sup>78</sup>).

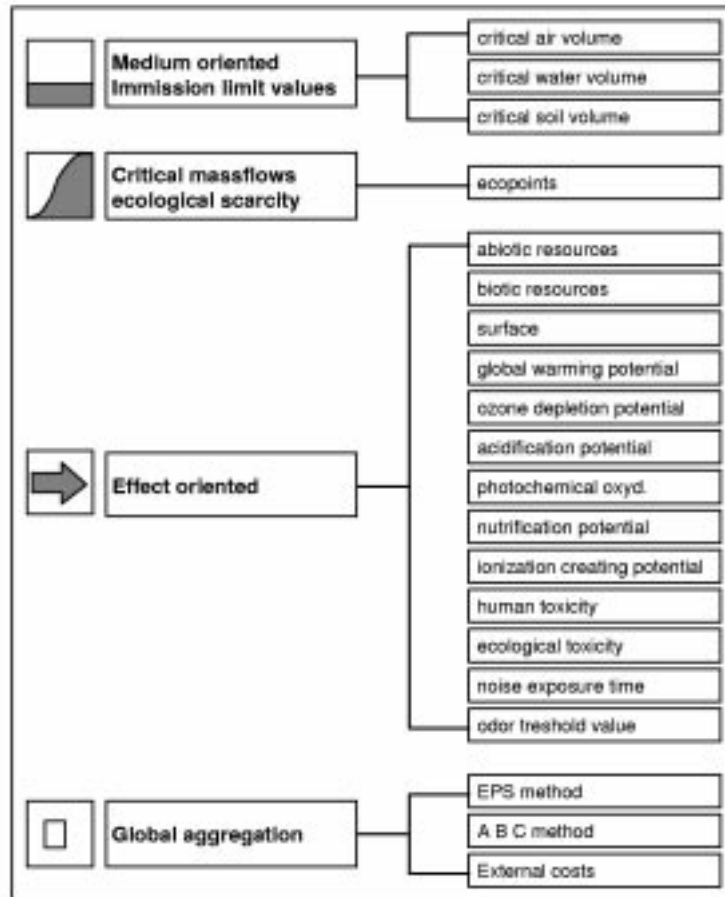


Abbildung 14: Kategorisierung nach unterschiedlichen Aggregationsprinzipien

Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, daß die medium-orientierten Aggregationen (Kritische Volumen) heute nicht mehr weiterverfolgt werden und die effekt-orientierten Aggregationen im Grunde eher als Wirkungsfaktoren denn als Umweltindikatoren zu betrachten sind, da ihre Aggregationsebene wesentlich niedriger ist.

<sup>78</sup>[REGENER 97a], S.31

## Beispiele für Umweltindikatoren

### Externe Kosten

Dem Konzept der externen Kosten liegt ein anthropozentrischer Bewertungsansatz zu Grunde; d.h. Grundlage für die Auswahl und Bewertung der Wirkungen ist der Mensch. In den Marktpreisen und in den geschätzten externen Kosten widerspiegeln sich die Präferenzen und Wertschätzungen der heutigen Generation. Auswirkungen, die in die Zukunft reichen oder erst in Zukunft anfallen, werden in der Regel diskontiert, d.h. abgewertet.<sup>79</sup>

Die externen Kosten stellen den Versuch dar, die Nutzungskosten für Ressourcenverbrauch durch die dadurch entstehenden gesamtwirtschaftlichen Kosten auszudrücken. Aufgrund der vermeintlichen Verfügbarkeit von Ressourcen (Angebot-und-Nachfrage-Prinzip) und der fehlenden Möglichkeit, ökologische Folgeschäden direkt einer auslösenden Handlung zuzuordnen (Verursacherprinzip), sind die gängigen Marktpreise für Ressourcen, die internen Kosten, viel zu gering oder gleich Null.

“Mit dem Konzept der externen Kosten wird versucht, die Mängel der Marktbewertung zu korrigieren. Die externen Kosten werden abgeschätzt bzw. monetarisiert, indem der Ressourcenverbrauch einer simulierten Marktbewertung unterworfen wird. Ziel ist es, die externen Kosten anschliessend zu den marktmässigen Kosten der Produkte, welche die Ressourcen verschleissen, hinzuzurechnen, d.h. zu internalisieren. Das ergibt mehr Kostenwahrheit – "Preise widerspiegeln alle Kosten" (nämlich die gesamtwirtschaftlichen) – und Verursachergerechtigkeit – "der Verursacher bezahlt alles sofort" Der Verbrauch von Umweltgütern wird so in die Wirtschaftlichkeitsüberlegungen integriert und einer wirtschaftlichen Bewertung unterworfen.”<sup>80</sup>

Zur Ermittlung der externen Kosten werden, sofern möglich, tatsächlich ermittelte Schadenskosten bzw. Ressourcenausfallskosten verwendet. In vielen Fällen gibt es darüber jedoch keine gesicherten Kenntnisse. Hier kommt dann der Vermeidungskostenansatz zum Tragen: Die Kosten zur Vermeidung eines Schadens werden entweder aus statistischen Auswertungen von Konsumentenbefragungen (nach dem Motto: *"Wieviel ist Ihnen die Reduzierung des Treibhauseffekts auf die Hälfte wert?"*) oder aus den tatsächlichen bekannten Kosten für die Vermeidung (z.B. durch Einbau von Filteranlagen zur Verringerung von bestimmten Emissionen) ermittelt.

Der Vorteil der Methode liegt darin, daß die Kosten nach Internalisierung der externen Kosten tatsächlich die Knappheit einer Ressource widerspiegeln und dies obendrein in einer Dimension – nämlich dem Preis –, die direkt in die übliche wirtschaftliche Bewertung einfließen kann.

Von Nachteil ist der sowohl geographisch als auch zeitlich begrenzte Geltungsbereich der Methode. Wenn die externen Kosten aus Befragungen abgeleitet wurden, spiegeln sie immerhin die Wertschätzung und den Kenntnisstand der befragten Generation im Befragungsbereich wider. Die Kosten können nur durch ein iteratives und damit aufwendiges Verfahren erfragt werden, da eine tatsächliche Erhöhung der Marktpreise durch Aufschläge für externe Kosten die Konsumentenmeinung jeweils verändert.

### ECO-Indikator '95

Der ECO-Indikator '95 ist eine Bewertungsmethode auf Vollaggregationsbasis, die vom CML<sup>81</sup> entwickelt wurde. Die Vollaggregation wird dabei in zwei Schritten auf der Grundlage einer Wirkungsbilanz vorgenommen. Zunächst werden Schutzgüter definiert, anhand derer die Schadensbewertung erfolgen kann: "menschliche Gesundheit", "Belastung der Ökosysteme" und "Ressourcenschonung". Die aus der Wirkungsbilanz hervorgegangenen Wirkungskategorien werden

<sup>79</sup>[SIA D0152], S.84

<sup>80</sup>[SIA D0152], S.84

<sup>81</sup>[GOEDKOOP 95]



diesen Schutzgütern zugeordnet und untereinander gewichtet, so daß eine Bewertung auf der Basis von Schäden an diesen Schutzgütern vorliegt. Diese werden jetzt wiederum gegeneinander abgewogen, um einen einzigen (vollaggregierten) Indikator, den ECO-Indikator '95 zu erhalten. Abbildung 15<sup>82</sup> zeigt eine Darstellung dieser Struktur des Zusammenführens von Emissionen über Wirkungskategorien und Schutzgüter zum Indikator.

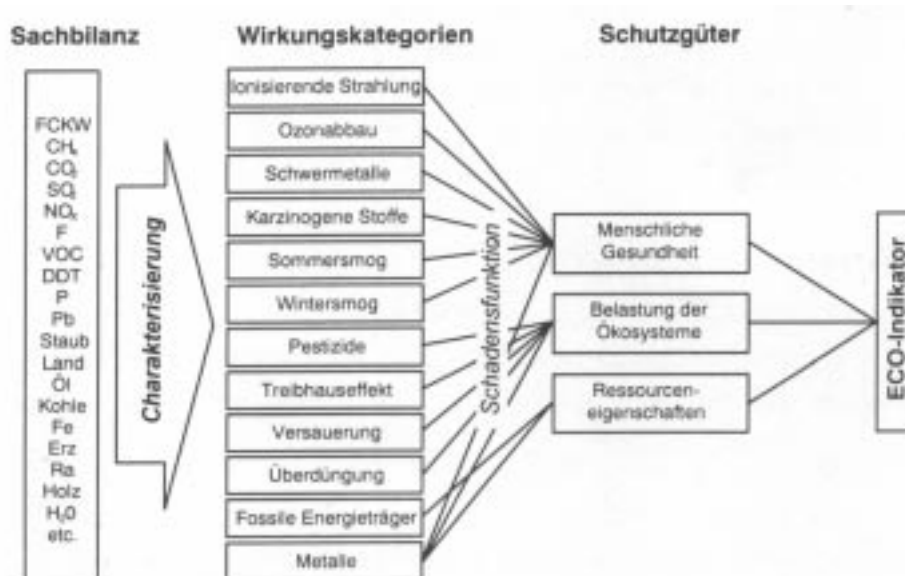


Abbildung 15: Struktur der ECO-Indikator '95-Bewertungsmethode

Obwohl sich die Methode überwiegend nicht auf lokale oder nationale Grenzwerte, sondern in vielen Fällen auf Empfehlungen von UN-Organisationen bezieht, sie also als international gültig angesehen werden kann, sind die Schwachpunkte nicht zu vernachlässigen:

- Die berücksichtigten Wirkungskategorien haben teilweise globale, teilweise lokale räumliche Ausmaße. Wissenschaftlich korrekt abgebildet können bisher nur globale Wirkungskategorien wie Treibhauseffekt und Ozonschichtabbau werden; die für die lokal wirksamen Emissionen angenommenen Verteilungsmodelle sind strittig.
- Die zugrundeliegenden Gewichtungsfaktoren für die zwei Aggregationsstufen müssen hinsichtlich ihrer Relevanz für das zu bewertende Produkt überprüft werden. Dies setzt eine vollständige Transparenz des Bewertungsmodells voraus.

### Umweltbelastungspunkte

Eine weitere Methode der Vollaggregation stellt das Prinzip der Umweltbelastungspunkte (UBP), auch als "Methode der ökologischen Knappheit" bezeichnet dar, das in der Schweiz entwickelt wurde.

Die UBP-Methode ist eine Methode der kritischen Flüsse, d.h. sie beurteilt die Emissionen und Ressourcenverbräuche auf der Grundlagen von 'Flüssen in die Umwelt'. Die Grundidee der Methode besteht darin, dass die Umwelt (respektive die Umweltmedien Luft, Wasser, Boden; Anm. d. Autorin) für die Stoffflüsse lediglich über eine beschränkte Aufnahmekapazität verfügt. Ab einer bestimmten Konzentration des jeweiligen Stoffes in der Umwelt treten irreparable Schäden oder unerwünschte Konsequenzen auf. Diese Grenzen nennt man 'critical loads' resp. kritische Belastungen,

<sup>82</sup>nach [SIA D0152], S.82

kritische Flüsse. Der Bewertungsfaktor (Ökofaktor) für einen bestimmten Stoff (resp. Emission) ergibt sich nun aus der Gegenüberstellung der gegenwärtigen Belastung (aktueller Fluss) und jener Belastung, die für das Ökosystem resp. die Gesellschaft als kritisch erachtet wird (kritischer Fluss).<sup>83</sup>

Dem kritischen Fluß werden Werte der schweizerischen Umweltpolitik oder andere wissenschaftlich abgeleitete Ziele zugrunde gelegt, der aktuelle Fluß muß für die entsprechende Region ermittelt werden. In einer Publikation des BUWAL<sup>84</sup> sind Ökofaktoren für die Schweiz dokumentiert.

Die Vorteile dieser Methode liegen vor allem in der leichten Handhabbarkeit. Nachteilig wirkt sich die derzeit noch kleine Anzahl verfügbarer Ökofaktoren aus. Aufgrund der eingeschränkten Gültigkeit der Ökofaktoren, die jeweils nur für eine bestimmte Region angegeben werden können, müßten auch die durch das Untersuchungsprodukt verursachten Emissionen auf diese Region begrenzt ermittelt werden, was in aller Regel bei Lebenszyklusanalysen schon aufgrund der Verknüpfung mit Basisdaten für die Energiebereitstellung nicht gewährleistet ist. Ein weiteres Problem liegt darin, daß die aktuellen Flüsse eigentlich jeder neuen Emission größeren Ausmaßes aufgrund der dadurch gestiegenen Konzentration angepaßt werden müßten.

### **MIPS – Material-Intensität Pro Serviceeinheit**

Die bisher beschriebenen Umweltindikatoren basieren alle auf einem “Bottum-up”-Ansatz. Es werden also auf der untersten Ebene, einem Einzelfall, Daten erhoben, bewertet und zu einer Gesamtbewertung aggregiert. Eine Verallgemeinerung der Ergebnisse ist nicht das Ziel und wäre auch äußerst fragwürdig. Ohne diese Einzelfalluntersuchungen in Frage stellen zu wollen, führt SCHMIDT-BLEEK aus: Eine noch so große Vielzahl von Einzeluntersuchungen wird sich schwerlich jemals in der Art eines Puzzles zu einem Gesamtbild der Wechselwirkungen des Menschen mit der Ökosphäre zusammenfinden.<sup>85</sup> Deswegen wird in dieser Publikation ein Basisindikator gefordert, der auch komplexe Zusammenhänge in aggregierter Form zum Ausdruck bringt, ein robustes und dennoch wissenschaftlich vertretbares Maß, mit dem sie (die Menschheit, Anm. d. Autorin) Umweltbelastung einfach messen kann, trotz der hohen Komplexität der Ursachen. Und dieses Maß muß, obwohl es einfach sein sollte zumindest in erster Näherung richtig sein, es sollte also in der überwiegenden Zahl aller Fälle eine zutreffende erste Abschätzung der Umweltbelastungsintensitäten liefern.<sup>86</sup>

Das neue Maß, das diese Forderungen erfüllen können soll, heißt MIPS (Material-Intensität Pro Serviceeinheit). Darunter wird der Materialverbrauch “von der Wiege bis zur Wiege” pro Einheit einer Dienstleistung oder Funktion verstanden. MIPS wird nur auf dienstleistungsfähige Endprodukte, nicht auf Rohmaterialien oder Hilfsstoffe etc., angewendet. Für die Ermittlung werden die verbrauchten Materialmengen über alle Prozesse (Herstellen, Gebrauchen, Reparieren, Wieder- und Weiterverwenden, Sammeln/Sortieren und Entsorgen sowie Transportieren) aggregiert und durch die Anzahl der Nutzungseinheiten dividiert. In diesem Zusammenhang erfolgt auch die Definition von Ressourcenproduktivität:

Die Ressourcenproduktivität eines Gutes ist die Gesamtheit der verfügbaren Einheiten an Dienstleistungen, dividiert durch den Gesamtverbrauch an Material für das dienstleistende Gut, gerechnet von der Wiege bis zur Wiege, einschließlich der für den Energieverbrauch bewegten Stoffströme. Mit anderen Worten die Ressourcenproduktivität eines Gutes ist das Inverse seiner MIPS, gemessen in der Einheit  $\gg$ pro Kilogramm $\ll$ .<sup>87</sup>

Eine hohe Ressourcenproduktivität ist von Bedeutung, da der Einsatz von Ressourcen die Verhältnisse in der Ökosphäre beeinflusst. Deshalb versucht man mit Umweltkosten oder externen

<sup>83</sup>[SIA D0152], S.71

<sup>84</sup>[BUWAL 98a]

<sup>85</sup>[SCHMIDT-BLEEK 94], S.100

<sup>86</sup>[SCHMIDT-BLEEK 94], S.101

<sup>87</sup>[SCHMIDT-BLEEK 94], S.118

Kosten die Relation zwischen Ressourcenverbrauch und den Preisen dafür zu verbessern. Die Preise sollten die ökologische Wahrheit sagen,<sup>88</sup> drückte dies Ernst Ulrich von Weizäcker aus.

Das MIPS-Konzept bringt einige Vorteile, vor allem durch seine (relative) Einfachheit wie z.B. gleiche Einheiten für Material- und Energieströme sowie geringerer Analyseaufwand.

Nachteile sieht SCHMIDT-BLEEK selbst in der fehlenden Berücksichtigung des spezifischen "Flächenverbrauchs", der spezifischen Umwelt-Giftigkeit von Stoffströmen und in dem bisher nicht hergestellten Bezug zwischen der Materialintensität und Fragen der biologischen Vielfalt (Arterhaltung).

Aufgrund der Mißverhältnisse zwischen mengenmäßigen Stoffflüssen und den daraus resultierenden Emissionen (siehe Kapitel 1.3.3) ist diese Bewertungsmethode für Gebäude nicht gut geeignet.

### 3.2.7 Neuere und zukünftige Entwicklungen bei der Bewertung von Lebenszyklusanalysen

#### Eco-Indicator '98 concept

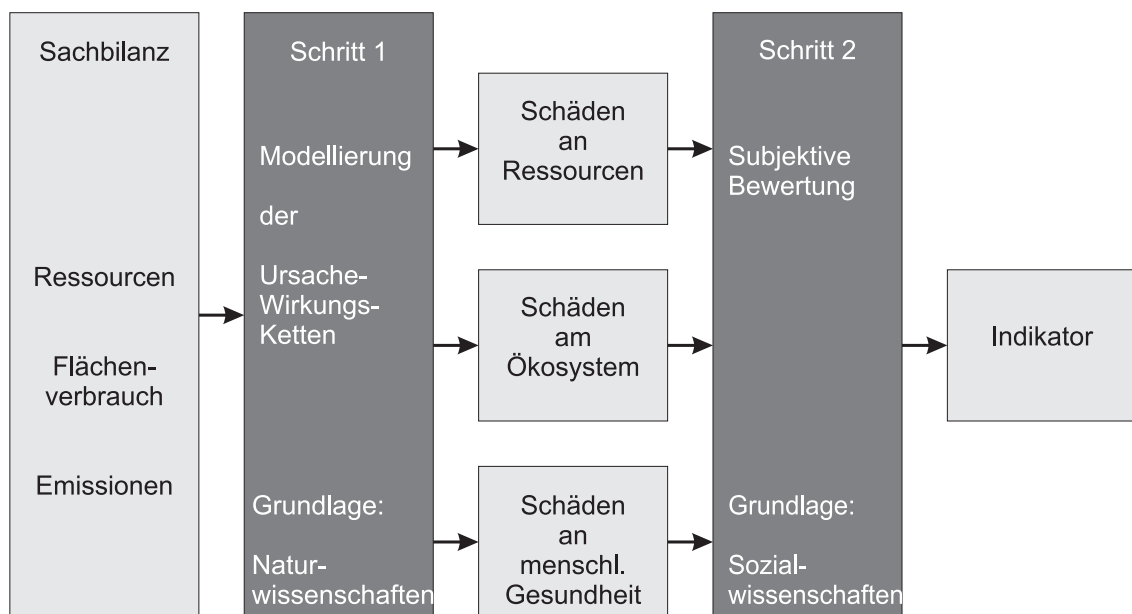


Abbildung 16: Prinzip des Eco-Indicator '98

Das Prinzip des Eco-Indicator '98 verfolgt eine Bewertungsmethode in zwei Schritten (siehe Abbildung 16<sup>89</sup>). Der erste Schritt besteht in der Modellierung der Ursache-Wirkungsketten ausgehend von den Sachbilanzen. Diese Zuordnung basiert auf naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und betrachtet drei Schadenskategorien (Ressourcen, Ökosystem und menschliche Gesundheit). Im zweiten Schritt werden diese Schäden mittels subjektiver Bewertung zu einem Umweltindikator aggregiert. Dieser Schritt erfolgt auf der Grundlage von sozialwissenschaftlichen Erkenntnissen. Die wesentlichen Vorteile dieses Vorgehens werden in der einfacheren Handhabbarkeit von (nur) drei Schadenskategorien und in der strikten Trennung von naturwissenschaftlich abgesicherter Aggregation und subjektiver Bewertung gesehen.

<sup>88</sup>Zitiert nach [SCHMIDT-BLEEK 94], S.118

<sup>89</sup>nach [HOFSTETTER 98], S.25

Dabei können die zwei Schritte zur Bewertung wiederum in mehreren Einzelschritten dargestellt werden (siehe Abbildung 17<sup>90</sup>).

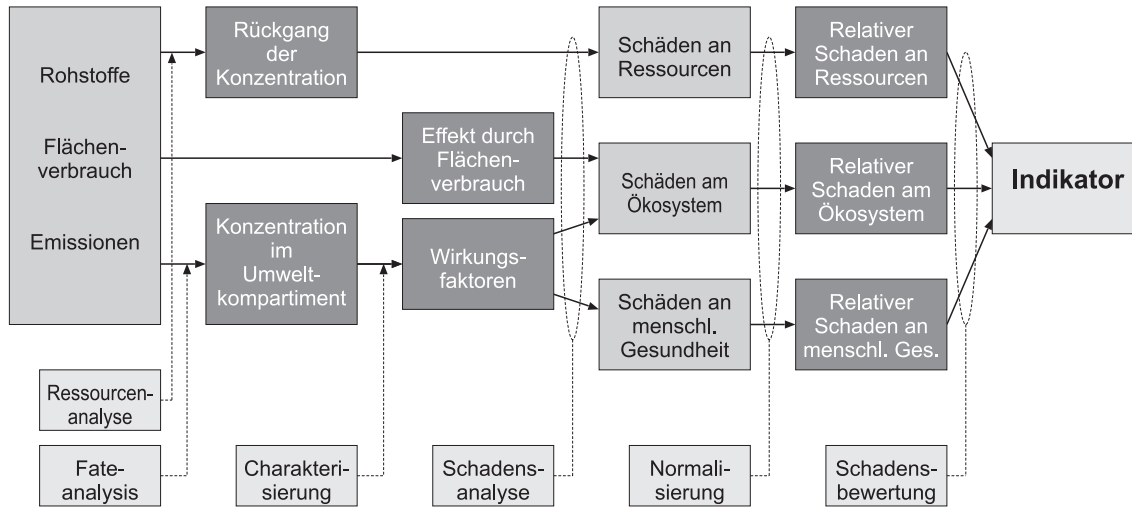


Abbildung 17: Bewertungsmodell des Eco-Indicator '98 in Einzelschritten

- 1. Schritt:** Mittels Ressourcen-Analyse wird zunächst der Rückgang der Konzentration von Rohstoffen ermittelt. Der Flächenverbrauch wird ausgedrückt in dadurch entstandenen Effekten. Die Ermittlung der Konzentrationen von Emissionen in den Umweltkompartimenten (Luft, Wasser, Boden) erfolgt durch Fate analysis. Hier kommt EUSES, ein offizielles Simulationsprogramm der EC, zum Einsatz. Diese Konzentrationen werden mittels Charakterisierung auf Wirkungsfaktoren abgebildet. Aus der daran anschließenden Schadensanalyse werden schließlich die Schäden in den drei oben genannten Schadenskategorien ermittelt. Dabei wird für die Schadenskategorie Ressourcen der Rückgang der Konzentration als Maß für Ressourcenverbrauch und somit für den Schaden angesehen. Die Schädigung des Ökosystems wird durch PAF (Potentially Affected Fraction) ausgedrückt. Die Grundlage von PAF ist die Annahme, daß Organismen einer niedrigen Entwicklungsstufe (Algen, Würmer, Pflanzen) als Basisindikator für die Gesundheit des Ökosystems angesehen werden können. PAF drückt den Rückgang von Konzentrationen verschiedener (niedriger) Organismen aus. Für die Ermittlung des Schadens an der menschlichen Gesundheit werden DALY's (Disability life years) herangezogen. DALY drückt also die Verringerung der menschlichen Lebensjahre (in einem Faktor von 0 bis 1) aus. Man geht davon aus, daß nur etwa 20 Substanzen die menschliche Gesundheit tatsächlich beeinträchtigen, als wichtigster wird feiner Staub angesehen.
- 2. Schritt:** Die Schäden der drei Kategorien werden zunächst durch Normalisierung als relative Schäden (ohne Einheit) ausgedrückt und in einem weiteren Schritt der subjektiven Bewertung zu dem Umweltindikator Eco-Indicator '98 aggregiert. Für die subjektive Bewertung wird vorgeschlagen, mindestens 100 Personen über ihre sozio-ökologischen Präferenzen zu befragen.

<sup>90</sup>nach [HOFSTETTER 98], S.25

## 4 Lebenszyklusanalyse – relevante Gebäudeaspekte

Im Zusammenhang mit Gebäuden sind insbesondere zwei Punkte der in Kapitel 2.3.3 gegebenen Definition von Lebenszyklusanalyse bemerkenswert, nämlich der "*Vergleich der Umweltauswirkungen zweier oder mehrerer unterschiedlicher Produkte*" und "*Sie dient ... der Verbesserung der Umwelteigenschaften der Produkte*". Welche Konsequenzen dies für die Lebenszyklusanalyse von Gebäuden mit sich bringt, wird deutlich, wenn man sich das Standardmodell für die Lebenszyklusanalyse aus Kapitel 3.1 nochmals vor Augen hält.

Diese Zusammenstellung der einzelnen Bearbeitungsschritte für die Erstellung einer Lebenszyklusanalyse macht deutlich, daß Lebenszyklusanalysen, wie sie für die Fertigung von Serienprodukten definiert wurden, nicht direkt auf Gebäude übertragen werden können. Der Grund hierfür liegt in den Besonderheiten der Gebäude, die im ersten Unterkapitel 4.1 behandelt werden. Das zweite Unterkapitel 4.2 zeigt die Konsequenzen dieser Besonderheiten für die Lebenszyklusanalyse auf.

Im dritten und vierten Unterkapitel (4.3 und 4.4) werden die Komponenten einer modularen Gebäudebeschreibung (nur bauliche Anlage) und die zusätzlichen Komponenten (gebäudeinterne Nutzung) dargestellt, die die Grundlage für Lebenszyklusanalysen von Gebäuden darstellen.

Das anschließende Unterkapitel 4.5 beschäftigt sich mit Strategien für den Unterhalt und die Erneuerung von Gebäuden, die maßgeblichen Einfluß auf den Lebenszyklus eines Gebäudes nehmen.

### 4.1 Besonderheiten von Gebäuden

Im Vergleich zu den Produkten, für deren Analyse die Lebenszyklusanalyse ursprünglich vorgesehen war, weisen Gebäude eine Reihe von Besonderheiten auf:

- Unikatcharakter
- Lange Lebens- bzw. Nutzungsdauer
- Hoher Nutzungs-/Erhaltungsaufwand im Vergleich zum Herstellungsaufwand
- Komplexe Planung  $\Leftrightarrow$  große Variantenvielfalt (Material und Technologie) zur Realisierung gleicher Gebäudetypen
- Komplizierte, dynamische Beziehungen zwischen Baukörper, Haustechnik, Standort und Nutzerverhalten  $\Leftrightarrow$  viele Akteure
- Große Stoffflüsse
- Differenzierte Stoffflüsse
- Die in Zusammenhang mit Gebäuden stehenden Aufwendungen und Belastungen haben aufgrund ihrer Menge wesentlichen Anteil am Produktions- und Konsumvolumen in der industriellen Gesellschaft.

Der Unikatcharakter von Gebäuden, die große Anzahl an Akteuren sowie die große Variantenvielfalt erschwert die Erstellung von Verbesserungsvorschlägen erheblich.

Die Tatsache, daß Gebäude in aller Regel als Unikate erstellt werden, erlaubt keine direkten Rückschlüsse aus der Analyse eines Gebäudes auf weitere sich in der Planung befindliche Gebäude, da die Randbedingungen nicht dieselben sind. Dies drückt sich beispielsweise aus in der Definition der funktionalen Einheit, die die Basis für den oben angesprochenen Vergleich darstellt. Auf der anderen Seite ist die Analyse eines Gebäudes ohne die Ausarbeitung von Verbesserungsvorschlägen wenig sinnvoll. Da aufgrund der langen Lebensdauer von Gebäuden diese Verbesserungsvorschläge meistens nicht auf das analysierte Gebäude selbst angewandt werden können, ist es zwingend notwendig, diese Erkenntnisse auf die Planungsphase für weitere Gebäude übertragen zu können.

Zusätzlich erschwerend wirkt sich die Variantenvielfalt in Material- und Technologiewahl aus, die ihrerseits häufig durch standortbedingte Einflüsse geprägt ist.

Die komplizierten, dynamischen Beziehungen zwischen Baukörper, Haustechnik, Standort und vor allem auch dem Nutzerverhalten erschweren nicht nur die Erstellung einer Sachbilanz, sie machen auch Vorgaben für Verbesserungen aufgrund der vielen Akteure nahezu unmöglich.

Der Einfluß des Nutzerverhaltens ist nicht nur schwer quantifizierbar, das Nutzerverhalten selbst ist zusätzlich schwer beeinflussbar.

Aufgrund der langen Nutzungsdauer eines Gebäudes sind auch Veränderungen des Nutzerverhaltens im Verlauf dieser Phase wahrscheinlich. Eine Vorhersage über zukünftige Handlungsweisen und der damit verbundenen Auswirkungen ist nur bedingt möglich.

Die lange Nutzungsdauer eines Gebäudes erfordert Voraussagen über die Erneuerungszyklen von einzelnen Bauteilen. Über die lange Nutzungsdauer ist zusätzlich mit einer Weiterentwicklung der technischen Systeme, die bei Erneuerungsmaßnahmen eingesetzt werden, zu rechnen. Eine Vorhersage über zukünftige technische Entwicklungen ist definitiv nicht möglich.

Die lange Lebensdauer von Gebäuden und die Größe der induzierten Stoffströme sowie der große Anteil am Produktions- und Konsumvolumen zeigt auf der anderen Seite den hohen Stellenwert, den man gerade der Bewertung von Gebäuden mittels Lebenszyklusanalysen einräumen muß.

Der hohe Nutzungs- bzw. Erhaltungsaufwand, der bei einem Gebäude im Vergleich zum Herstellungsaufwand betrieben werden muß, erfordert eine ausführlichere Betrachtung des Lebenszyklus von Gebäuden.

## 4.2 Anwendung der Lebenszyklusanalyse auf Gebäude

### 4.2.1 Zieldefinition

- Festlegung der funktionalen Einheit bzw. funktionalen Äquivalenz (functional unit)  
Der Vergleich von Gebäuden mittels Lebenszyklusanalyse hat nur einen Sinn, wenn die zu vergleichenden Gebäude oder Gebäudevarianten dieselben Funktionen erfüllen. Deshalb muß die funktionale Einheit sorgfältig definiert werden. Hierfür müssen die Anforderungen an die Funktionalität (Schule, Krankenhaus, Wohngebäude) und den Komfort (Mindestanforderungen, Standard, besondere Ausstattung) des Gebäudes, die Standortbedingungen und eventuell die Größe des Gebäudekomplexes berücksichtigt werden. Üblicherweise werden komplette Gebäude mit allen zugehörigen Anlagen auf dem Grundstück bilanziert. Das heißt die räumliche Grenze wird durch die Grenzen des zugehörigen Grundstücks definiert. Je nach Erkenntnisinteresse kann es aber auch sinnvoll sein, das Bilanzierungsobjekt ausgedehnter oder eingrenzter zu sehen. Mögliche funktionale Einheiten können sein:
  - der Gebäudebestand (räumlich begrenzt auf eine Nation, eine Region, eine Stadt etc.)
  - Gebäudegruppen und -komplexe oder einzelne Gebäude
  - eine abstrakte Nutzeinheit in einer bestimmten Zeiteinheit ( $1\text{m}^2$  Nutzfläche Wohnen pro Jahr,  $1\text{m}^2$  Lagerraum pro Jahr)
  - eine Elementeinheit in einer bestimmten Zeiteinheit ( $1\text{m}^2$  Fensterfläche während der Nutzungsdauer,  $1\text{m}^2$  Mauerwerk während der Erstellung)
  - eine Bauleistung (Neubau, Erneuerung oder Unterhalt)
  - eine Nutzungs-/Dienstleistung (Bereitstellung von  $1\text{m}^3$  Warmwasser einer bestimmten Temperatur).

- Festlegung der Bilanzgrenzen

Die zeitlichen Grenzen müssen in Abhängigkeit des Erkenntnisinteresses festgelegt werden. Für Entscheidungen mit sehr kurzfristigem Horizont kann es sinnvoll sein, nur die Nutzungsbedingungen für ein bis fünf Jahre zu betrachten. Für die Beurteilung von Gebäuden im Sinne eines nachhaltigen Bauens und Planens jedoch muß der Betrachtungszeitraum den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes (siehe Kapitel 4.2.2) einschließen. Eine Ausnahme bildet hier die Betrachtung von Nutzungen im Bestand. Für Vergleiche unterschiedlicher Baumaßnahmen (Umnutzung, Erweiterung, Neubau) dürfen die bereits abgeschlossenen Lebenszyklusphasen des Bestandes (Neubau, bereits getätigte Erneuerungen) nicht mit in die Betrachtung eingehen, weil sie die Ergebnisse verfälschen würden. Hier ist die Definition der zeitlichen Grenzen besonders sorgfältig abzuwägen, da die verglichenen Varianten selbst unterschiedliche Lebensdauern aufweisen und sich die Frage stellt, ob eine mögliche Weiternutzung nach dem Bilanzierungszeitraum berücksichtigt werden muß.

Im Rahmen von REGENER<sup>91</sup> wurden folgende mögliche Betrachtungszeiträume diskutiert:

**1–3 Jahre:** Entwurf und Erstellung eines Gebäudes

**3–5 Jahre:** kurzfristige Unterhalts- und Nutzungsplanung

**10–15 Jahre:** mittelfristige Nutzungsplanung und teilweise Erneuerung

**30–50 Jahre:** langfristige Nutzungsplanung und globale Erneuerung

**80–120 Jahre:** geschätzte Lebenserwartung für heutige Gebäude

» **150 Jahre:** geschätzte Lebenserwartung für Baudenkmäler

Die Festlegung der räumlichen Bilanzgrenzen erfolgt für Gebäude im allgemeinen mit dem Baugrundstück/mit der Anbindung an private und öffentliche Grundstücke. An diesen Systemgrenzen werden die Energie- und Stoffströme in den bzw. aus dem Bilanzraum ermittelt. Damit erfolgt keine Aussage über das räumliche Ausmaß der Umweltwirkungen (siehe Kapitel 4.2.3).

#### 4.2.2 Sachbilanz – Lebenszyklus von Gebäuden

Bei der Erstellung der Sachbilanz sind einige gebäudespezifische Gegebenheiten zu berücksichtigen. Da für Gebäude keine ständig wiederkehrende Produktionsprozesse (andere Standorte, andere Technologien etc.) und zusätzlich sich während der Lebensdauer ändernde Nutzungen vorliegen, muß für jedes Gebäude eine neue lebenszyklusbezogene Sachbilanz erfolgen.

In der Vertikalanalyse der Sachbilanz werden üblicherweise die Phasen Produktion, Distribution/Transport, Nutzung und Entsorgung mit den darin auftretenden Prozessen unterschieden.

#### Gebäuderelevante Prozesse

Bei der Bilanzierung von Gebäuden sind folgende Prozesse zu berücksichtigen:

- Energiebereitstellung
- Transport
- Materialproduktion (Baustoffe → Bauteile, Hilfsstoffe)
- Entsorgung
- Bauprozesse (Konstruktion und Dekonstruktion)
- Nutzung

Die Prozesse Energiebereitstellung und Materialproduktion können als Vorstufen (“upstream”) und die Entsorgung als nachgelagerter Prozeß (“downstream”) betrachtet werden. Die Prozesse für Materialproduktion und die Entsorgung sind zwar spezifische Prozesse für den Bausektor

---

<sup>91</sup>[REGENER 97b]

aber dennoch gebäudeunabhängig. Der Transportprozeß ist ein Basisprozeß, der weder dem “upstream” noch dem “downstream” zugeordnet wird. Diese Prozesse können und sollten unabhängig von dem Untersuchungsobjekt Gebäude analysiert und die Resultate mit der Gebäudeanalyse verknüpft werden. Diese Prozesse finden sich in allen Lebenszyklusphasen mit unterschiedlichen Ausprägungen wieder. In diesem Zusammenhang muß die Verwendung von schon im Kreislauf befindlichen Baumaterialien erwähnt werden, da sie eine besondere Betrachtung der Prozesse für Materialproduktion (Recyclingprozeß) und Entsorgung (nur Lagerung) und der damit verknüpften Transportprozesse erfordert. Die Allokationsregeln für die Weiterverwendung von Baustoffen und Bauteilen sind in einem eigenen Unterkapitel behandelt (siehe Kapitel 4.2.5).

Die Konstruktions- und Dekonstruktionsprozesse sind Bestandteil der eigentlichen Gebäudeanalyse und ebenfalls in allen Lebenszyklusphasen in unterschiedlicher Form (Prozesse für den Neubau, für Unterhalt und Erneuerung und für den Rückbau) vorhanden.

Die Nutzungsprozesse können in Prozesse für die nutzungsspezifische Versorgung des Gebäudes selbst (hygro-thermischer und visueller Komfort, Servicefunktionen wie Beförderungssysteme, sanitäre Anlagen etc.) und für die nutzungsspezifische Funktionalität (Material- und Wasserverbrauch, Abfallbewirtschaftung, eventuell ausgelöste Verkehrsströme) gegliedert werden.

Konstruktions-/Dekonstruktionsprozesse und Nutzungsprozesse werden mit den Basisprozessen Energiebereitstellung, Transport, Materialproduktion und Entsorgung verknüpft. Dies wird in einem Modell über die Zusammenhänge zwischen funktionalen Prozessen und zeitlichen Phasen im Lebenszyklus von Gebäuden (Abbildung 18) in diesem Kapitel dargestellt.

Eine Beschreibung einzelner für die Gebäudeanalyse relevanter Prozesse mit den zugehörigen funktionalen Einheiten und Systemgrenzen findet sich in REGENER<sup>92</sup>.

### Gebäuderelevante Phasen

Bei Gebäuden kann abweichend von allgemeinen Produkt-Lebenszyklusanalysen eigentlich nur von den Phasen Produktion (Neubau), Nutzung und Entsorgung (Rückbau) gesprochen werden. Die Betrachtung einer eigenen Phase Distribution/Transport macht bei der Analyse von Gebäuden keinen Sinn. Jeder Phase werden bestimmte Prozesse innerhalb der Bilanzebene des Gebäudes sowie Vorstufen, Transportprozesse und nachgeordnete Prozesse zugeordnet. Dabei werden die räumlichen Grenzen für den Bilanzraum Gebäude mit der Zufahrt des Baustoffgroßhandels (Baustoffproduktion) bzw. mit dem Fabrikator (Energiebereitstellung) auf der Vorstufenseite und der Deponie/Sammelstelle auf der Seite der nachgelagerten Prozesse festgelegt (Abbildung 18).

### Erstellung/Neubau

Die Phase Erstellung eines Gebäudes ist in ihrer Analyse durchaus vergleichbar mit der Produktionsphase eines Konsumgutes.

Sie umfaßt alle Herstellungs- und Transportprozesse inklusive der eigentlichen Erstellung des Gebäudes. Auf der Bilanzebene Gebäude sind dies Bauprozesse für den Neubau sowie Transportprozesse für die Anlieferung der Baustoffe/Bauteile, Hilfsstoffe und Energie und für die Abfahrt von anfallenden Reststoffen und Abfällen. Auf der Vorstufen-Ebene kommen noch die Herstellungsprozesse für die Baustoffe/Bauteile und Hilfsstoffe mit ihren eigenen Vorstufen und die Energiebereitstellung hinzu. Die Ebene der nachgelagerten Prozesse enthält zusätzlich die Entsorgungsprozesse für die Reststoffe und Abfälle mit ihren Vorstufen (auf Abbildung 18 nicht explizit dargestellt).

---

<sup>92</sup>[REGENER 97b]



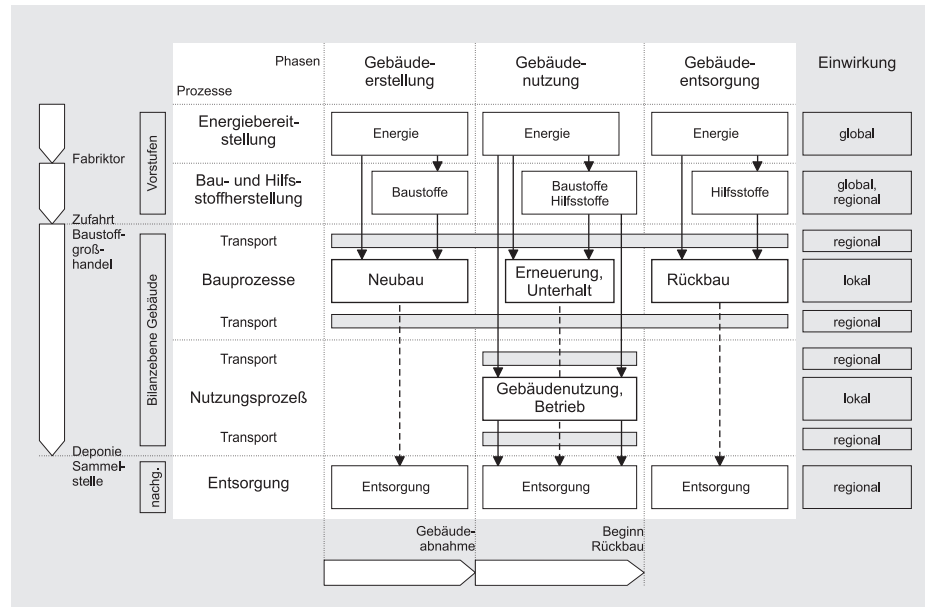


Abbildung 18: Modell über Zusammenhänge zwischen Prozessen und Phasen im Lebenszyklus von Gebäuden

### Nutzungsphase

Die Phase Nutzung eines Gebäudes unterscheidet sich von der Nutzungsphase eines Konsumguts durch ihre komplexen Beziehungen, ihre im Vergleich zu den anderen Phasen hohen Stoffströme und vor allem durch ihre lange Dauer.

Sie beinhaltet alle Prozesse, die für die Nutzung des Gebäudes zwischen Fertigstellung (Gebäude-abnahme) und Rückbau des Gebäudes notwendig sind.

Insbesondere sind zu nennen

1. der Unterhalt sowie die Erneuerung der Bausubstanz (siehe auch Kapitel 4.5),
2. der Betrieb der technischen Anlagen (siehe auch Kapitel 4.4.1) und
3. eventuell nutzungsspezifische Aufwendungen (siehe auch Kapitel 4.4.2).

Auf der Bilanzebene Gebäude werden für die Nutzungsphase wiederum zwei Ebenen unterschieden, die erste enthält das Gebäude selbst als bauliche Anlage (Bauprozesse), die zweite umfaßt die Aktivitäten innerhalb des Gebäudes (Nutzungsprozesse):

- Ebene bauliche Anlage  
Auf dieser Ebene sind die Bauprozesse (Konstruktion und Dekonstruktion) für den Unterhalt/die Erneuerung der Bausubstanz sowie Transportprozesse für die Anlieferung der Baustoffe/Bauteile, Hilfsstoffe und Energie und für die Abfahrt von anfallenden Reststoffen, Abfällen und ggf. ausgebauten weiterverwendbaren Bauteilen (z.B. zu einem Recycling-Depot) zu berücksichtigen.
- Ebene Nutzungsaktivitäten  
Auf dieser Ebene sind die Nutzungsprozesse für den Betrieb der technischen Anlagen und andere Nutzungsprozesse (Reinigung) sowie Transportprozesse für die Anlieferung der Hilfsstoffe und Energie und für die Abfahrt von anfallenden Abfällen zu berücksichtigen.

Auf der Vorstufen-Ebene kommen wiederum die Herstellungsprozesse (inkl. Aufbereitungsprozesse für Recycling/Wiederverwendung) für die Baustoffe/Bauteile und Hilfsstoffe bzw. mit ihren eigenen Vorstufen und die Energiebereitstellung hinzu. Die Ebene der nachgelagerten Prozesse enthält zusätzlich die Entsorgungsprozesse für die Reststoffe und Abfälle mit ihren Vorstufen.

## Rückbau

Die Rückbauphase kann in der Analyse wiederum mit der Entsorgungsphase eines Konsumguts verglichen werden. Ein Unterschied mag in den umfangreicheren und differenzierteren Stoffströmen liegen.

Sie umfaßt alle Prozesse, die für den Abbruch des Gebäudes notwendig sind. Auf der Bilanzenebene Gebäude sind dies analog zur Erstellungsphase Bauprozesse für den Rückbau sowie Transportprozesse für die Anlieferung der Hilfsstoffe und Energie und für die Abfahrt von anfallendem Bauschutt und sonstigen Abfällen sowie eventuell wiederverwertbaren Bauteilen und Baustoffen. Auf der Vorstufen-Ebene kommen noch die Herstellungsprozesse für die Hilfsstoffe mit ihren eigenen Vorstufen und die Energiebereitstellung hinzu. Die Ebene der nachgelagerten Prozesse enthält zusätzlich die Entsorgungsprozesse für Bauschutt und sonstige Abfälle mit ihren Vorstufen.

### 4.2.3 Wirkungsbilanz – bauspezifische Eigenheiten

#### Räumliches Ausmaß

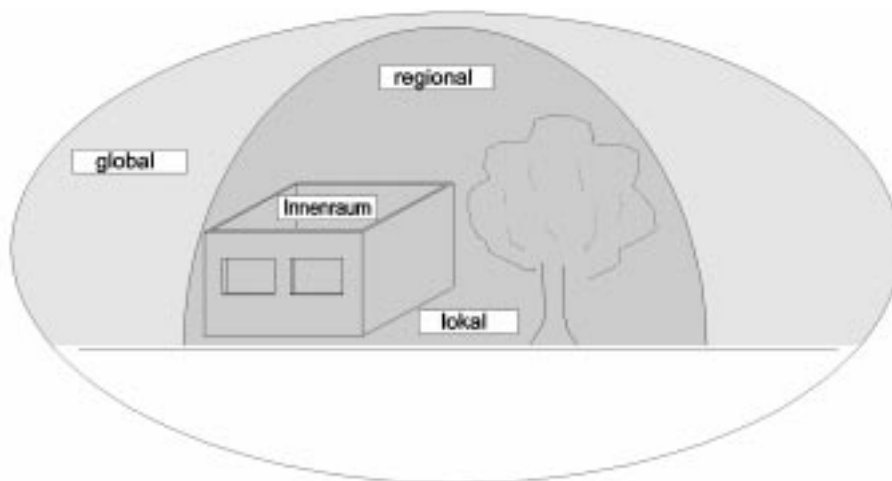


Abbildung 19: Räumliches Ausmaß von Umwelteinflüssen

Das räumliche Ausmaß von Umwelteinflüssen, die durch Gebäude verursacht werden, kann um eine Kategorie erweitert werden, nämlich um die Kategorie Innenraum, die im Vergleich zu den anderen eine noch engere Begrenzung darstellt (siehe Abbildung 19). Diese Erweiterung ist deshalb sinnvoll, weil gerade die Emissionen im Innenraum maßgeblichen Einfluß auf die menschliche Gesundheit und das Wohlbefinden haben. Die Betrachtung der Auswirkungen auf den Innenraum in Lebenszyklusanalysen von Gebäuden wird jedoch kontrovers diskutiert<sup>93</sup>. Die standardisierten Lebenszyklusanalysemethoden sehen keine Differenzierung zwischen verschiedenen Orten und Zeitpunkten des Auftretens von Emissionen vor.

Ansonsten kann das räumliche Ausmaß von direkten Auswirkungen eines Gebäudes auf einen lokalen Bereich beschränkt werden. Indirekte Auswirkungen infolge Emissionen durch die Energiebereitstellung und den indizierten Verkehr sowie bei der Produktion von Baustoffen reichen jedoch bis hin zu "globalem" Ausmaß.

<sup>93</sup>siehe [REGENER 97b]

## Direkte ökologische Wirkungen

Direkte ökologische Wirkungen sind der Ressourcenverbrauch (Entnahme aus der Natur) und die Einträge in die Natur.

## Ressourcenverbrauch

### Flächen (Land)

Bei der Inanspruchnahme von Flächen sind neben dem direkten Flächenbedarf durch das Bauprojekt auch die Flächen zu berücksichtigen, die infolge vorgelagerter Prozesse und ergänzender Infrastruktur einer Nutzungsänderung unterliegen.

Hierbei sollten die unterschiedlichen ökologischen Wertigkeiten der Flächen Berücksichtigung finden. In den ÖKOINVENTAREN<sup>94</sup> werden die Kategorien

- natürliche Flächen,  
Einfluß des Menschen seit der industriellen Revolution nicht größer als derjenige anderer Spezies
- modifizierte Flächen,  
Einfluß des Menschen größer als derjenige anderer Spezies, aber unkultivierte Komponenten (z.B. natürlich sich regenerierender Wald)
- kultivierte Flächen,  
Einfluß des Menschen größer als derjenige anderer Spezies, meist kultivierte Komponenten (z.B. Ackerbau, Energiewald)
- bebaute Flächen ,  
dominiert durch Gebäude, Straßen, Dämme, Minen etc. und
- geschädigte Flächen (Ergänzung nach HEIJUNGS<sup>95</sup> )

unterschieden.

Bewertet werden die Umwandlungen einer Qualität in eine andere (meist schlechtere). Die meisten Umwandlungsprozesse sind reversibel wenngleich mit erneuten Umweltauswirkungen und langen Dauern.

**Wasser** wird für eine direkte Nutzung (Trinkwasser, Reinigung) und indirekt für Produktionsprozesse bei der Herstellung der Baumaterialien entnommen. Es wird nicht im eigentlichen Sinne verbraucht, die Aufbereitung und Bereitstellung ist ebenfalls mit Umweltauswirkungen verknüpft.

**andere Stoffe**, ohne energetische Nutzung (Steine, Sand, Holz als Baumaterial, Wolle etc.)

Bei einer stofflichen Nutzung von Ressourcen wird zwischen biotischen und abiotischen Stoffen unterschieden. Biotische Ressourcen sind Produkte lebender Organismen und somit erneuerbar. Abiotische Ressourcen sind Produkte von in der Vergangenheit stattgefundenen biologischen oder physikalischen/chemischen Prozessen. Sie sind innerhalb des betrachteten Zeithorizonts nicht erneuerbar.

Bei der Analyse von Gebäuden tritt die stoffliche Nutzung in erster Linie für Kompositionsprozesse während der Erstellungs- und Nutzungsphase (Erneuerung) und in zweiter Linie als Hilfsstoffe für Reinigung etc. während der Nutzungsphase auf. Die Inanspruchnahme stofflicher Ressourcen ist in Abhängigkeit von der Erneuerbarkeit/Recyclingfähigkeit im Sinne eines nachhaltigen Ressourcenmanagements von Bedeutung.

**Energieträger:** Zunächst gelten auch für Energieträger dieselben Überlegungen wie für andere Stoffe. Aufgrund ihrer energetischen Nutzungsmöglichkeit stellen die Energieträger darüber hinaus einen Sonderfall von Ressourcen dar.

Jeder Prozeß (von der Materialproduktion bis zum Rückbau sowie Transport- und Nutzungsprozesse) beansprucht die Ressource Energieträger direkt oder indirekt.

<sup>94</sup>[ÖKOINVENTARE 95]

<sup>95</sup>[HEIJUNGS 92]

Im allgemeinen wird der Begriff Ressource nur auf natürliche Stoffe und Systeme angewendet. Im Rahmen der Lebenszyklusanalyse im Bereich Bauwesen kann darüber diskutiert werden, ob der Gebäudebestand, respektive ein einzelnes Gebäude und die darin enthaltenen Bauteile, nicht ebenfalls eine Form von Ressource mit einem "ökologischen Wert" darstellt.

### Einträge in die Umwelt

Einträge in die Umwelt finden ebenfalls bei nahezu jedem Prozeß statt und können folgende Ausprägungen haben:

- Abfälle
- Luft-, Wasser- und Bodenschadstoffe
- Lärm
- Abwärme

### Indirekte ökologische Wirkungen

Neben den im vorigen Kapitel erwähnten direkten ökologischen Wirkungen gibt es eine Reihe von indirekten Wirkungen, die durch die Entnahme von Ressourcen aus der Natur und durch die Einträge in die Natur ausgelöst werden. Die wichtigsten werden im folgenden in Zusammenhang mit dem sie auslösenden Prozeß kurz erläutert:

- Treibhauseffekt  
Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Anlagen zur Wärmeerzeugung und Stromgewinnung sowie durch die CO<sub>2</sub>-intensive Zementproduktion trägt maßgeblich zum Treibhauseffekt bei.
- Smogbildung  
Verkehrsbedingte Aufwirbelung von Staub und die Verunreinigung der Luft durch Verbrennungsprozesse in Kombination mit der Erwärmung der Luft aufgrund höherer Wärmespeicherkapazitäten der versiegelten Flächen führen zu Smogbildung.
- Rückgang der Biodiversität  
Böden bilden die Basis des Lebensraums für Flora und Fauna. Die Flächeninanspruchnahme durch Gebäude und die zugehörige Infrastruktur durch Bebauung, Versiegelung oder durch die Zerschneidung von Flächen mit großer Biodiversität ("Verinselung") führt zur Zerstörung einzelner Funktionen dieses Lebensraums und damit zu einem Rückgang der Biodiversität.
- Katastrophen wie Überschwemmungen aufgrund Bodenversiegelung  
Die Bodenversiegelung führt dazu, daß das Niederschlagswasser wesentlich schneller abfließt. Bei starken Niederschlägen kann dies zu Überschwemmungen führen.
- Humantoxizität, Einschränkung des menschlichen Wohlbefindens  
Gesundheitliche Risiken entstehen während der Herstellungs- und Rückbauphase für die am Bauprozeß Beteiligten und vor allem während der Nutzungsphase für die Benutzer von Gebäuden. Eine Quelle ist das Ausgasen krebserregender und giftiger Substanzen aus Baustoffen oder der direkte Kontakt mit Baustoffen bzw. ihrer Zusatzstoffe. Als weitere Quelle können die mikrobiellen Verunreinigungen von RLT-Anlagen, Trink- und Abwassersystemen genannt werden. In diesem Zusammenhang ist auch die Einschränkung des menschlichen Wohlbefindens durch das "Sick building"-Syndrom oder Allergien zu sehen. Im Rahmen von Lebenszyklusanalysen werden die Energie- und Stoffströme an den räumlichen und zeitlichen Systemgrenzen erfaßt ohne Lokalisierung des Auftretens einzelner Ströme innerhalb des Systems. Deswegen sind a priori keine Aussagen über Konzentrationen von Schadstoffen in Innenräumen möglich. Eine über die globale Wirkungsanalyse der Humantoxizität aufgrund auftretender Emissionen (an den Systemgrenzen) hinausgehende Ermittlung des Gesundheitsrisikos bedarf daher spezifischer Analysen des Gebäudes.

- Beeinflussung des Klein- und Stadtklimas

Gebäude und ihre Außenanlagen beeinflussen das Klein- und Stadtklima ebenfalls durch zahlreiche Faktoren. Die Gestaltung der Fassadenoberflächen hat Einfluß auf die Temperatur der Umgebung durch Reflexion/Absorption von Strahlung, durch die Wärmeleitung/Wärmespeicherung und durch Luftverwirbelungen. Die Gestaltung der Außenanlagen durch Geländemodulierungen, durch Vegetation und Wasserflächen wirken sich auf den Wärmehaushalt, auf Wind- und Immissionschutz, auf Luftreinigung und -verbesserung und auf den Schallschutz aus.

Der einzige Aspekt der Beeinflussung des Klein- und Stadtklimas der derzeit mittels Lebenszyklusanalyse ermittelt wird, ist die Smogbildung (siehe oben).

#### 4.2.4 Bilanzbewertung/Verbesserungsvorschläge

Die Anwendung von Methoden zur Vollaggregation für das gesamte Gebäude während der gesamten Lebensdauer ermöglicht ein Ranking im mathematischen Sinne verschiedener Gebäudevarianten. Damit ist zwar ein Teil der Forderungen laut Definition für Lebenszyklusanalysen – der umfassende Vergleich der Umweltauswirkungen – erfüllt, aber die gewichtigeren Forderungen – die Offenlegung von Schwachstellen, die Verbesserung der Umwelteigenschaften, die Entscheidungsfindung – wird dadurch geradezu verhindert. Hier muß ein Kompromiß zwischen der Überschaubarkeit der Bewertungsaussagen und der Erhaltung des Informationsgehalts für einzelne Einflüsse und Auswirkungen gefunden werden. Das bedeutet, es muß auf der einen Seite eine Eingrenzung auf eine handhabbare Anzahl von für Gebäude relevanten Bewertungsindikatoren erfolgen; auf der anderen Seite muß der Aggregationsvorgang soweit aufgelöst werden, daß die Lokalisierung von Ursachen für erhebliche Umwelteffekte sowohl auf einer Teilprodukte-Ebene (z.B. Material/Element als Teil des Gebäudes) als auch phasenbezogen möglich ist.

#### 4.2.5 Allokationsregeln für die Weiterverwendung von Baustoffen und Bauteilen

Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung ist der Kreislaufführung von Baustoffen und Bauteilen eine große Bedeutung zuzumessen. Die Wieder- oder Weiterverwendung von bereits im Kreislauf befindlichen Baustoffen und Bauteilen führt zu einer Ressourceneinsparung und Reduktion der Emissionen, die sonst für die Herstellung neuer Produkte und Entsorgung der wiederverwertbaren Produkte anfallen. Die Zuordnung der downstream-Prozesse sowie der notwendigen Transportprozesse für die Sachbilanz bedarf einer genaueren Analyse. Nach KOHLER<sup>96</sup> können Angaben zur Recyclingfähigkeit am Ende der Lebensdauer eines Baustoffs/Bauteils zwar als nützliche Informationen angesehen werden, die zu der Entscheidungsfindung beitragen, aber eine Bilanzierung in der Form ist nicht möglich. Versuche, diese Prozesse in Form von Gutschriften<sup>97</sup>, Bonus, Feedstock-energy etc. zu berücksichtigen, führen nach KOHLER zu inkonsistenten Modellen und werden deshalb nicht mehr weiterverfolgt.

Statt dessen wird in Abbildung 20<sup>98</sup> ein Modell für Downstream-Prozesse im Bereich Bauwesen vorgeschlagen.

In diesem Modell sind oben die räumlichen Systemgrenzen (Baustoffhandel/Baustelle/Deponie bzw. Sammelstelle für wiederverwertbare Komponenten) mit ihren durch Transportprozesse zu überbrückenden Lücken und unten die Systemgrenzen für die Zuordnung zu den Prozessen (Herstellung/Bauprozess/Entsorgungsprozess) dargestellt.

---

<sup>96</sup>[KOHLER 98c]

<sup>97</sup>Ein Modell für die Verrechnung von Gutschriften beim Recycling findet sich in [VFF 98], S.25 ff.

<sup>98</sup>nach [KOHLER 98c]

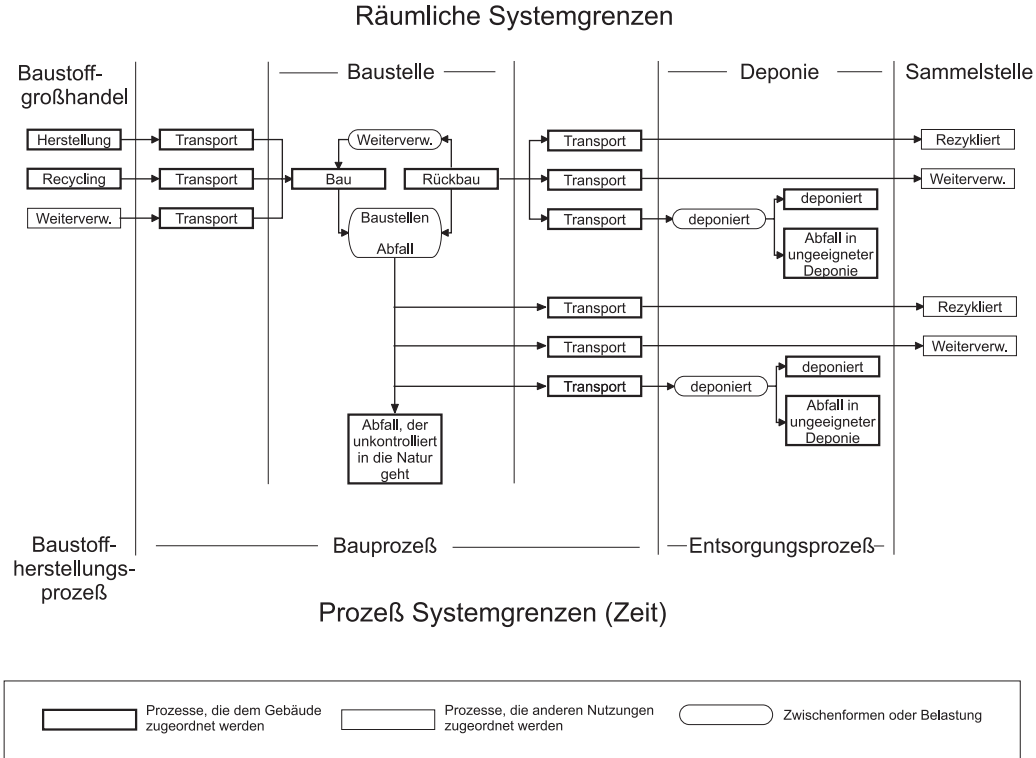


Abbildung 20: Modell für die Zuordnung von Downstream-Stoffströmen

Daraus läßt sich ersehen, daß dem Bauprozess **alle** Transportprozesse vom Baustoffhandel und zur Deponie/Sammelstelle zugeordnet werden. Transportprozesse von der Sammelstelle zum Ort des Recyclings werden dem Recyclingprozess zugeordnet.

Dem Gebäude werden im Rahmen des Baustoffherstellungsprozesses alle Herstellungsprozesse neuer Baustoffe/Bauteile und Recyclingprozesse von als Recycling-Produkt verwendeten Baustoffen/Bauteilen zugeordnet. Im Rahmen des Entsorgungsprozesses werden den Abfällen die verschiedenen Prozesse zur thermischen Verwertung und Deponierung zugeordnet. Baustoffen/Bauteilen, die der Weiterverwertung oder dem Recycling zugeführt werden, werden keine Entsorgungsprozesse zugeordnet.

Das heißt die Verwendung von wiederverwendeten Baustoffen/Bauteilen wird bei der Herstellung berücksichtigt, indem keine Aufwendungen, und die Verwendung von rezyklierten Baustoffen/Bauteilen wird berücksichtigt, indem geringere Aufwendungen (Recyclingprozess statt Herstellungsprozess) bilanziert werden. Für den Einsatz von Baustoffen/Bauteilen, die nach Abbruch voraussichtlich weiterverwertet werden können, erfolgt eine "Quasi-Gutschrift" indem nur Transportprozesse zur Sammelstelle jedoch keine Entsorgungsprozesse bilanziert werden. Im Gegensatz zu den oben erwähnten Methoden, rezyklierbare Produkte mit Gutschriften für die Primärherstellung zu berücksichtigen, bei denen die Prozesse zur Aufbereitung (Überholung, Recycling) vollständig dem stoffabgebenden Lebenszyklus zugeordnet und dafür eine Verteilung der Primärherstellungsaufwendungen erfolgt, ersetzen bei diesem Modell die Prozesse zur Aufbereitung die Herstellungsprozesse des stoffaufnehmenden Lebenszyklus. Eine Berücksichtigung des Recyclingpotentials findet ausschließlich über die Ausgrenzung der Aufwendungen zur Beseitigung statt.

### 4.3 Komponenten einer modularen Gebäudebeschreibung

Gebäude können auf unterschiedlichen Ebenen analysiert werden. Die oberste Ebene ist der gesamte Gebäudebestand, als unterste aussagekräftige Ebene werden hier die bilanzierbaren Basisprozesse behandelt. Über jede Ebene gibt es spezifische Informationen. Beispielsweise kann aus statistischen Erhebungen der Ressourcenverbrauch in Zusammenhang mit dem deutschen Gebäudebestand global (Top-down<sup>99</sup>) ermittelt werden, während für Baustoffe der Energie- und Ressourcenverbrauch für die Herstellung explizit unter Einbezug der zugrundeliegenden Basis-komponenten bilanziert wird (Bottom-up<sup>100</sup>).

Die Reihenfolge der Unterkapitel entspricht annähernd der logischen Abfolge im Herstellungsprozess. Sie spiegelt das Prinzip des modularen Aufbaus vom Kleinen/Einfachen ins Große/Komplexe und damit das Konzept des Bottom-up-Ansatzes wider.

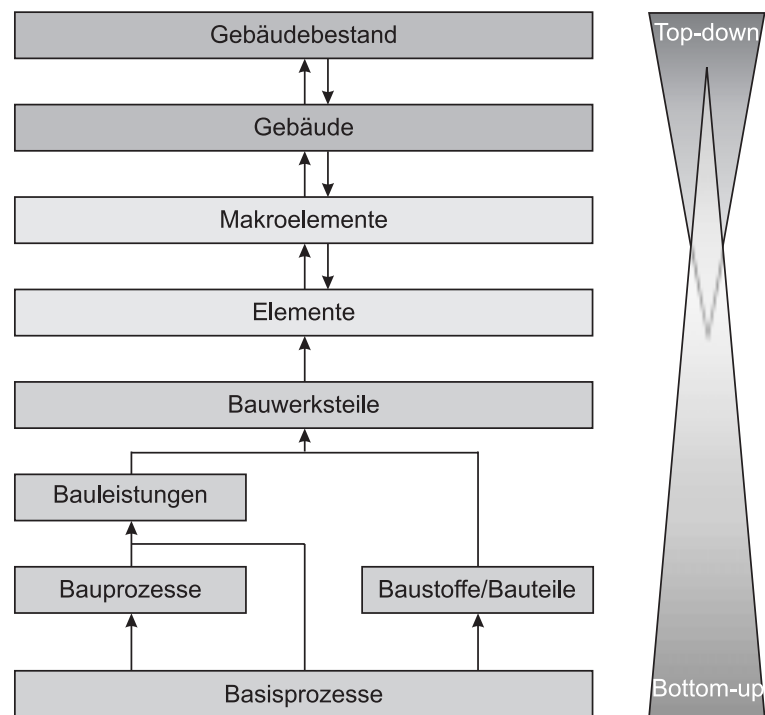


Abbildung 21: Modularer Aufbau der Gebäudekomponenten

Die in den folgenden Unterkapiteln verwendeten Begriffe Basisprozesse, Baustoffe, Bauteile, Bauwerksteile, Bauprozesse, Bauleistungen, Elemente und Makroelemente sind nicht allgemeingültig definiert. Deshalb wird jeweils eine kurze Beschreibung gegeben, wie die Begriffe innerhalb dieser Arbeit verwendet werden.

<sup>99</sup>Top-down: Wörtlich von oben hinab. Im übertragenen Sinn bedeutet dies ein Vorgehen vom Generellen, Groben zum Detail, Einzelnen. Der Vorteil des Top-down-Ansatzes liegt in der Vollständigkeit der erfassten Ströme, der Nachteil in der schwierigen Zuordnung des Gesamtstroms zu einzelnen "Produkten". Außerdem können die Ströme nicht zu ihren Ausgangspunkten zurückverfolgt werden und damit auch nicht im Hinblick auf Verbesserungen analysiert werden.

<sup>100</sup>Bottom-up: Wörtlich Vom Grund aufwärts. Im übertragenen Sinn bedeutet dies ein Vorgehen vom Einzelnen, vom Detail zum Generellen, Gesamten. Der Vorteil des Bottom-up-Ansatzes liegt in der Transparenz der Ströme, der Nachteil an der Unsicherheit in Bezug auf die Vollständigkeit.

### 4.3.1 Basisprozesse

Der Kategorie Basisprozesse werden alle Materialien und Prozesse zugeordnet, die eine Allgemeingültigkeit für Lebenszyklusanalysen besitzen und als solche auch unabhängig vom eigentlichen Untersuchungsobjekt bilanziert werden sollten.

Insbesondere sind dies Prozesse für die Energiebereitstellung, für Transport, für die Entsorgung (z.B. Thermische Entsorgung, Deponierung, Abwasserbehandlung), für das Recycling und für den Ressourcenabbau von Rohstoffen sowie die Herstellung von "Rohmaterialien".

Die funktionale Einheit für die Prozesse zur Energiebereitstellung ist TWh Elektrizität oder Gas, Öl etc., für Transportprozesse tkm oder Pkm (P steht für Person) LKW, Schiff, Bahn etc., für die Entsorgungsprozesse t bzw. kg oder m<sup>3</sup>, für die Herstellungsprozesse von Rohmaterialien kg.

Die zeitliche Systemgrenze wird durch die Dauer des Prozesses zur Herstellung, Umwandlung, Entsorgung oder zum Transport markiert. Werden in der Prozeßkette der Bilanzierung Hilfsmaterialien, -dienstleistungen oder -energien verwendet, dann werden diese auf die zum Zeitpunkt der Bilanzierung üblichen Produktionsverhältnisse bezogen, auch wenn deren Produktion weit in der Vergangenheit stattgefunden hat.

Die räumliche Systemgrenze (außer für Transportprozesse) stellt jeweils die Entnahme aus bzw. der Abgabe in die Natur auf der einen Seite und die "Vertriebsstelle" auf der anderen Seite dar. Unter Vertriebsstelle ist damit der Ort gemeint, an dem die Rohmaterialien/Energieträger bezogen werden können bzw. an den die Abfälle für die Entsorgungsprozesse oder die Produkte für das Recycling geliefert werden müssen.

### Beispiel

- Energiebereitstellung: 1 TWh Elektrizität (UCPTE<sup>101</sup> -Mix)
- Transport: 1 tkm mit der Bahn
- Material: 1 kg Kupfer
- Entsorgung: 1 m<sup>3</sup> Wasser in Kläranlage

### Datenbanken

Auf dieser Ebene ist eine umfassende, objektive Bilanzierung gefragt, die zu einer wissenschaftlich allgemein anerkannten Datenbasis für darauf basierende Analysen führt.

Ansatzweise ist dies mit den ÖKOINVENTAREN VON ENERGIESYSTEMEN<sup>102</sup> bereits realisiert. In dieser Datenbank sind Sachbilanzen für 40 verschiedene Energiesysteme, 15 Transportprozesse, 10 Entsorgungsprozesse und etwa 30 Basismaterialien enthalten. Für die Entsorgungsprozesse wurden eigene ÖKOINVENTARE VON ENTSORGUNGSPROZESSEN<sup>103</sup> erarbeitet. Teilweise sind darin auch Prozesse für das Recycling von Produkten enthalten.

Eine weitere Datenbank liegt mit GEMIS (Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme)<sup>104</sup> vor. Im Rahmen von GEMIS wurde die Bereitstellung von Energieträgern verschiedener Technologien bilanziert. Darüberhinaus sind Prozesse für Verkehrsdienstleistungen und Gütertransporte enthalten.

<sup>101</sup>UCPTE: Union pour la coordination de la production et du transport de l'électricité

<sup>102</sup>[ÖKOINVENTARE 95]

<sup>103</sup>[ÖKOINVENTARE 96]

<sup>104</sup>[GEMIS 95]



## Anmerkungen

Unterschiedliche Vorkommen von Rohstoffen bedingen unterschiedliche Abbauweisen und damit auch unterschiedliche Sachbilanzen. Für eine exakte Bilanzierung auf der Grundlage dieser Basisdaten müßte dementsprechend für jedes verschiedene Verfahren zur Gewinnung des Basismaterials eine eigene Sachbilanz aufgestellt und entsprechend dokumentiert werden. Dieser Detaillierungsgrad könnte jedoch nur genutzt werden, wenn bei der Bilanzierung der folgenden Prozesse auch die exakte Herkunft der Basismaterialien bekannt ist. Aufgrund der hohen Unsicherheit, die schon allein in der Ermittlung der Input/Output-Ströme vorhanden ist, scheint es jedoch ausreichend, über verschiedene Herstellungs-/Gewinnungsverfahren gemittelte Daten zu verwenden.

Ein weiteres, ganz spezielles Problem liegt in der Bilanzierung der Energiebereitstellung für elektrischen Strom. Die Erzeugung von Strom kann mit gänzlich unterschiedlichen Technologien (Wasserkraftwerk, Atomkraftwerk, thermische Kraftwerke, Windkraft- und Photovoltaik-Anlagen) und entsprechend differierenden Ressourcenverbräuchen und Emissionen erfolgen. Da Energie in Form von Strom in aller Regel in das öffentliche Stromnetz eingespeist und dann wieder aus diesem bezogen wird, ist eine Zuordnung zur ursprünglichen Herstellungsart nicht mehr gegeben. Um dieses Problem zu lösen, wurden verschiedene Arten von "Strommix" eingeführt. Für Europa kann der UCPTE-Mix als Standard angesehen werden.

Für die Transportprozesse gilt ebenfalls, daß eine Art "Standard"-Transport (Größe des Transportfahrzeuges, Auslastung der Ladekapazität, Beschaffenheit der Transportstrecke etc.) für die Sachbilanzen zugrunde gelegt werden muß. Diese Standards können gerade im Baubereich aufgrund geringerer Auslastung der Ladekapazität oder sehr geringer/sehr hoher Masse der Baustoffe (Dämmstoffe/kompakte Stahlteile) unzutreffend sein.

Aufgrund der engen Systemgrenzen, die bei der Bilanzierung von diesen Basiskomponenten gezogen werden müssen, können auf dieser Ebene keine Schlüsse auf die Umwelteinflüsse durch bestimmte (Bau-)Maßnahmen gezogen werden, weil der Kontext zu der späteren Anwendung fehlt.

### 4.3.2 Bauprozesse

Bauprozesse im Sinne dieser Arbeit sind alle Arbeitsprozesse (Konstruktions- und Dekonstruktionsprozesse), die auf der Baustelle anfallen, um das Gebäude zu erstellen oder abzureißen, Teile davon zu montieren oder zu demontieren.

Bei der Bilanzierung werden neben den Verbrauchsmaterialien (z.B. Befestigungsmittel) und Hilfsmaterialien (z.B. Schalungen) vor allem die Maschinenstunden der eingesetzten Arbeitsgeräte und die dafür notwendigen Energien berücksichtigt.

Die funktionale Einheit von Bauprozessen kann mit der Einheit h entweder zeitbezogen oder mit Einheiten von Stück, lfm, m<sup>2</sup>, m etc. auf das Arbeitsziel bezogen sein.

Die zeitliche Systemgrenze für die Bilanzierung muß neben der Arbeitszeit auf der Baustelle auch die notwendigen Zeiten für Vorbereitung und An- und Abfahrt umfassen.

### Beispiel

- Konstruktion: 1h Befestigen von Fenstern, 1 h Ausschäumen der Hohlräume
- Dekonstruktion: 1h Entfernen von Bodenbelägen

## Datenbanken

Auf diesem Gebiet der Konstruktionsprozesse sind der Verfasserin keine umfassenden Forschungsarbeiten bekannt. Einzelne Prozesse sind in den ÖKOINVENTAREN<sup>105</sup> enthalten.

Dekonstruktionsprozesse werden im Rahmen der Forschung des DFIU<sup>106</sup> untersucht. Dort gibt es eine Reihe von Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Abfallbeseitigung, der Reststoffvermeidung und -verwertung, der Altproduktverwertung und aller zugehörigen logistischen und organisatorischen Funktionen<sup>107</sup>.

## Anmerkungen

Eine Bilanzierung erfolgt sinnvollerweise auf die einzelnen Handwerksbetriebe bezogen. Dies ermöglicht die Berücksichtigung aller anfallenden Nebenprozesse wie die Aufwendungen für Verwaltung, Lagerung der benötigten Materialien, Wartung der Geräte sowie die Fahrten zur Baustelle. Die Aufteilung dieser allgemeinen Nebenprozesse auf die einzelnen Bauprozesse kann über das Verhältnis der abgerechneten Beträge für die Bauleistungen erfolgen.

Ein Vergleich unterschiedlicher Bauprozesse auf dieser Ebene macht keinen Sinn. Ein Vergleich gleicher Bauprozesse verschiedener Handwerksbetriebe kann die "Öko-Effizienz" der Betriebe aufzeigen – unter der Voraussetzung, daß die gleiche Datengrundlage und Systematik für die Bilanzierung verwendet wurde, und etwa eine gleiche Verteilung von Bauprozessen innerhalb der Betriebe vorliegt.

### 4.3.3 Baustoffe/Bauteile, Hilfsstoffe

#### Beschreibung

Der Begriff Baustoff ist nicht allgemeingültig definiert, im allgemeinen Sprachgebrauch versteht man darunter alle Stoffe, die zum Bau verwendet werden. Neben dem Begriff Baustoff sind Begriffe wie Baumaterialien, Bauerzeugnisse und Bauprodukte gebräuchlich. Der Begriff Bauprodukt wird in der Bauproduktenrichtlinie der EG<sup>108</sup> als ein Produkt definiert, "das hergestellt wird, um dauerhaft in Bauwerken des Hoch- oder Tiefbaus eingebaut zu werden". Baustoffe können weiter klassifiziert werden z.B. nach ihrer Herkunft (natürliche oder künstlich hergestellte Baustoffe) oder ihren physikalischen Eigenschaften (z.B. Brandschutzklassen).

Als Baustoffe werden in dieser Arbeit von der Baustoff-Industrie hergestellte oder geförderte Materialien verstanden, die auf der Baustelle verarbeitet werden und erst dort in ihre endgültige "Form" im Gebäude gebracht werden. Sie sind im Vorfeld in mindestens einer Dimension unbestimmt (z.B. Lattungen aus Holz). Ein Bauhalbzeug als "aus der Verarbeitung von Baustoffen entstandenes Erzeugnis, dessen Abmessungen bei seiner weiteren Verwendung in einer oder zwei Richtungen unverändert bleiben", wie es beispielsweise in der Schweizerischen Norm<sup>109</sup> definiert ist, wird hier ebenfalls unter dem Begriff Baustoff behandelt.

Stoffe oder Produkte, die nicht dauerhaft im Gebäude verbleiben (z.B. Schalungen) gehören in diesem Sinne nicht zu den Baustoffen. Diese Stoffe werden im folgenden als Hilfsstoffe bezeichnet. Die Ausführungen über Baustoffe/Bauteile im weiteren Text sind im wesentlichen auch für Hilfsstoffe gültig.

<sup>105</sup>[ÖKOINVENTARE 95]

<sup>106</sup>DFIU = Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung, Universität Karlsruhe

<sup>107</sup>siehe auch [RENTZ 94], [MÜLLER A. 96], [SCHULTMANN 97]

<sup>108</sup>[BPR 89]

<sup>109</sup>[SIA 501 500]

Bauteile im Sinne dieser Arbeit sind vorgefertigte Produkte, die bei ihrer Herstellung eine spezifische, auf ihre Funktion abgestimmte Form (in allen drei räumlichen Dimensionen festgelegt) erhalten. Sie werden auf der Baustelle nur noch montiert. Bauteile können demgemäß auch wieder im Ganzen demontiert und ersetzt werden. Unter Bauwerksteilen (siehe unten) werden in dieser Arbeit Bauteile oder auch Baustoffe im eingebauten Zustand verstanden.

Die Bilanzierung der Baustoff/Bauteil-Herstellung erfolgt zunächst als Analyse der Herstellungsprozesse in der Industrie möglichst ausschließlich mit Basisprozessen auf der Input-Seite und gemessenen bzw. rechnerisch ermittelten Emissionen auf der Output-Seite. Damit handelt es sich um kumulierte Sachbilanzen, da die "upstream"-Prozesse und die direkten Emissionen in die Analyse eingeschlossen werden.

Die Verwendung von Basisdaten für die Energiebereitstellung führt zu Problemen, wenn der Energieumwandlungsprozeß nicht unabhängig vom eigentlichen Produktionsprozeß des Baustoffs/Bauteils betrachtet werden kann. In diesem Fall muß auch für diesen Prozeß eine vollständige Input/Output-Analyse erfolgen. Weitere Schwierigkeiten (bei der Zuordnung von Inputs/Outputs zu einem Produkt) können dann auftreten, wenn bei der Produktion sogenannte Koppelprodukte anfallen.

Die funktionale Einheit ist üblicherweise kg des produzierten Baustoffes bzw. Stck. oder m<sup>2</sup> eines Bauteils. Die zeitliche Systemgrenze für die Bilanzierung wird durch die Produktionsdauer definiert. Die räumlichen Systemgrenzen sind hierbei die tatsächlichen Grenzen des Produktionsareals.

### Beispiel

- Baustoff: 1 m<sup>3</sup> Holz, 1 lfm Rahmenprofil für Holzfenster
- Bauteil: 1 Fenster (bestimmter Ausführung: Größe, k-Wert, g-wert, Rahmenmaterial etc.)

### Datenbanken

Die Ergebnisse dieser kumulierten Sachbilanzen werden sinnvollerweise in Datenbanken zusammengefaßt und als Eingangswerte für die Bilanzierung von Gebäuden zur Verfügung gestellt.

Eine Datenbank mit 134 Ökoinventaren von Baustoffen auf der Basis des UCPTE-Strommixes liegt mit den ÖKOINVENTAREN BAUSTOFFE<sup>110</sup> aus den Forschungsprojekten KOBEEK<sup>111</sup> und OGIP<sup>112</sup> vor.

Die Baustoffökoinventare der ETHZ-ESU<sup>113</sup> beinhalten 63 Ökoinventare auf Basis des Schweizer Strommix.

Im Rahmen des Forschungsprojektes REGENER<sup>114</sup> wurde ebenfalls eine Datenbank durch die Ecole de Mines in Paris erstellt.

### Anmerkungen

Bilanzierungen von Baustoffen/Bauteilen werden aufgrund der unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten und der daraus resultierenden unterschiedlichen Lebensdauern und Entsorgungsmöglichkeiten auf den Prozeß der Herstellung begrenzt. Das heißt es wird keine Lebenszyklusanalyse des Baustoffs/Bauteils erstellt, sondern der Herstellungsprozeß bilanziert.

---

<sup>110</sup>[ÖKOINVENT-BAU 95]

<sup>111</sup>siehe auch [KOBEEK 96]

<sup>112</sup>siehe auch [OGIP 96]

<sup>113</sup>[BAUSTOFF 95]

<sup>114</sup>siehe [REGENER 97b]

Neben den eigentlichen Ergebnissen der Sachbilanzen können Baustoff/Bauteil-Datenbanken um physikalische Kenngrößen (Masse, Wärmeleitfähigkeit etc.), Informationen über die potentielle Lebensdauer, über die Abfallkategorie, über Risiken bei der Verarbeitung oder in der späteren Nutzungsphase und über Unterhaltsaufwendungen erweitert werden. Datenbanken über Hilfsstoffe können neben den Ergebnissen der Sachbilanzen Informationen über die potentielle Häufigkeit des Einsatzes (z.B. bei Schalttafeln), über die Abfallkategorie und über Risiken bei der Verarbeitung enthalten.

Bei der Bilanzierung von Baustoffen/Bauteilen können ebenfalls für die gleichen Baustoffe/Bauteile sehr unterschiedliche Produktionstechnologien auftreten. Hier gelten die gleichen Überlegungen wie bei den Basismaterialien. Da Sachbilanzen für Baustoffe/Bauteile oftmals direkt auf Hersteller-Angaben beruhen, können in Baustoff/Bauteil-Datenbanken jedoch auch produkt-spezifische Daten bereitgestellt werden. Falls Bilanzierungen von verschiedenen Herstellern für die gleichen Baustoffe/Bauteile vorliegen, kann auf dieser Ebene eine Aussage darüber getroffen werden, welches Produkt weniger Umweltwirkungen verursacht. Aber selbst diese Aussage ist für die Bewertung eines Gebäudes nur bedingt korrekt, da für diese die Transportprozesse vom Herstellungs- bzw. Vertriebsort zur Baustelle noch mit einkalkuliert werden müssen.

Die Beurteilung verschiedener Baustoffe/Bauteile untereinander ist auf dieser Ebene nicht aussagekräftig, da diese in aller Regel unterschiedliche Folgeprozesse auf der Baustelle (Bauprozesse, Anschlüsse) und in der späteren Nutzung (Unterhalt, Reinigung) auslösen, der Nutzwert also nicht derselbe ist.

#### 4.3.4 Bauleistungen

Bauleistungen in diesem Sinne sind angelehnt an die Leistungspositionen (z.B. StLB<sup>115</sup>), die üblicherweise im Bauwesen für die Ausschreibung und Vergabe verwendet werden. Bauleistungen sind eine Zusammenfassung von verschiedenen Bauprozessen und Transportprozessen (für die Anlieferung der verarbeiteten Baustoffe/Bauteile und die Abfuhr der angefallenen Reststoffe und Abfälle).

Es können verschiedene Kategorien von Bauleistungen unterschieden werden

- Neubauleistungen
- Unterhaltsleistungen (Instandhaltung und Instandsetzung siehe auch Kapitel 4.5)
- Betriebsleistungen (siehe Kapitel 4.4.3)
- Rückbauleistungen

Die funktionale Einheit ist eine Bezugsmenge in lfm, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup> oder Stck., in Ausnahmefällen auch pauschal oder h Arbeitszeit.

#### Beispiel

- Liefern und Einbauen eines Fensters bestimmter Ausführung in eine Holzständerwand

#### Datenbanken

Im Rahmen der Forschungsprojekte KOBEEK<sup>116</sup> und OGIP<sup>117</sup> wurde eine Datenbank auf Grundlage der Schweizer Daten des CRB (Zentralstelle für Baurationalisierung), dem NPK (Normpositionen-Katalog) und dem BEK (Berechnungselemente-Katalog) prototypisch implementiert.

---

<sup>115</sup>StLB = Standardleistungsbuch

<sup>116</sup>siehe auch [KOBEEK 96]

<sup>117</sup>siehe auch [OGIP 96]

Die in diesen Katalogen als Normpositionen bezeichneten Katalogeinträge entsprechen von Ihrer Struktur der in Deutschland üblichen Bezeichnung Leistungspositionen, die Berechnungselemente entsprechen von ihrer Struktur der in dieser Arbeit verwendeten Nomenklatur von Bauwerksteilen (siehe auch Kapitel 4.3.5).

Derzeit wird innerhalb eines Folgeprojekts an dieser Problematik weitergearbeitet.

OGIP 98<sup>118</sup> (Optimierung von Gesamtanforderungen für Energieverbrauch, Umweltbelastung und Baukosten), beauftragt durch das Bundesamt für Energie und das Amt für Bundesbauten in der Schweiz, verfolgt als Ziel die Umsetzung der in OGIP/DATO<sup>119</sup> entwickelten Methode im Kontext der CRB-Arbeitsmittel. Im Rahmen dieses Projekts ist auch die Erarbeitung von Energie- und Stoffflußdatensätzen für mindestens 1000 BEK-Positionen geplant.

Ein weiteres Forschungsprojekt LEGOE<sup>120</sup> (Entwicklung von Planungswerkzeugen zur Erfassung, Beschreibung und Bewertung des Lebenszyklusses von Gebäuden unter ökologischen Gesichtspunkten), gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, verfolgt als Ziel eine Entwicklung von Planungs- und Bewertungshilfsmitteln für Architekten und Ingenieure. Im Rahmen dieses Projektes wird ein bereits zur Beschreibung technischer und kostenseitiger Informationen bestehender Elementkatalog um Daten zu Energie- und Stoffströmen sowie Risiken erweitert.

### **Anmerkungen**

Bauleistungen können außerdem eine Reihe zusätzlicher Informationen über den Bauablauf, wie z.B. die notwendige Anzahl an Handwerkern oder welche Vorleistungen erfolgt sein müssen, zugeordnet werden.

Auch Bilanzierungen auf der Ebene von Bauleistungen alleine lassen noch keine Schlüsse auf die ökologische Relevanz der Gebäude zu. Erst die Kombination aus Bauleistungen mit Baustoffen/Bauprodukten ergibt eine vollständige Beschreibung des Gebäudes in bezug auf seine Herstellung (siehe auch Kapitel 4.3.5).

### **4.3.5 Bauwerksteile**

Bei Bauwerksteilen handelt es sich um Baustoffe oder Bauteile im eingebauten Zustand. Die Bilanzierung von Bauwerksteilen erfolgt somit aus der Zusammensetzung von Prozessen für die Herstellung der Baustoffe/Bauwerksteile, Transportprozessen vom Baustoff/Bauteil-Lieferant zur Baustelle und den Bauprozessen. Die Zusammensetzung kann auch aus Prozessen für Bauleistungen und Prozessen für die Herstellung der Baustoffe/Bauwerksteile erfolgen.

Die funktionale Einheit kann auf lfm, m<sup>2</sup>, oder Stck. bezogen werden.

### **Beispiel**

- 1 eingebautes Fenster bestimmter Ausführung

### **Datenbanken**

Wie bereits in Kapitel 4.3.4 erläutert, wurde im Rahmen der Forschungsprojekte KOBEEK<sup>121</sup> und OGIP<sup>122</sup> eine Datenbank auf Grundlage der Schweizer Daten des CRB, dem NPK und dem BEK prototypisch implementiert. Die in diesen Katalogen als Berechnungselemente bezeichneten Katalogeinträge entsprechen von Ihrer Struktur Bauwerksteilen.

---

<sup>118</sup>OGIP 98 siehe Verzeichnis der Projekte

<sup>119</sup>[OGIP 96]

<sup>120</sup>LEGOE siehe Verzeichnis der Projekte

<sup>121</sup>[KOBEEK 96]

<sup>122</sup>[OGIP 96]

## Anmerkungen

Bauwerksteile besitzen neben den physikalischen Eigenschaften der Baustoffe/Bauteile, die sie idealerweise innerhalb einer Datenbankstruktur aus Bauteil-Datensätzen "vererbt" bekommen, zusätzliche Eigenschaften, die die Art ihres Einbaus betreffen. Aussagen über die Art der Befestigung und damit über die Wiederverwend- und Trennbarkeit von verschiedenen Baustoffen/Bauteilen und dem damit verbundenen Aufwand sind wichtige Informationen für die Bilanzierung von Unterhaltsprozessen (Instandhaltung und Instandsetzung) und Nutzungsprozessen.

Diese Ebene ist von den bisher beschriebenen die erste, die aufgrund des direkten Bezugs der Bauwerksteile zu einem konkreten Gebäude eine Einbindung in den Planungsprozeß ermöglicht, ohne zusätzliche Komponenten anderer Kategorien. Das bedeutet, ein Gebäude kann innerhalb dieser Struktur (als Aufzählung aller Bauwerksteile) komplett beschrieben und in bezug auf die Herstellung bewertet werden.

### 4.3.6 Elemente und Makroelemente

Ein Gebäude kann gemäß einer Kostengliederung oder einer anderen Gliederung in verschiedene Elemente mit unterschiedlichen Funktionen (Außenwand, Innenwand, horizontale Trennflächen etc.) zerlegt werden. Obgleich es einige etablierte Gliederungen für Gebäude auf der Basis von Elementen (Kostengliederung nach DIN 276, Gliederung des Baukosteninformationszentrums (BKI) der Architektenkammer Baden-Württemberg, Elementkostengliederung (EKG) des CRB, Schweiz) gibt, kann nicht von einer allgemeingültigen Element-Struktur gesprochen werden.

Während die bisher beschriebenen Bestandteile eines Gebäudes stets auf der Basis der ihnen zugrundeliegenden kleineren Einheiten aufgebaut wurden und die Bilanzierung des Gebäudes aus der Zusammenfassung aller Bestandteile (listenorientiert) erfolgt, bieten sich für die Bilanzierung der Elemente und Makroelemente zwei Möglichkeiten.

1. Für eine Bilanzierung müssen jedem Element die für es relevanten Bauleistungen und Baustoffe oder Bauprozesse und Bauteile oder Bauwerksteile, aus denen das Gebäude aufgebaut ist, zugeordnet werden. Dieser Ansatz der Bilanzierung (bottom-up) ist nur für ein konkretes, bereits weitgehend detailliertes Gebäude möglich.
2. Die zweite Möglichkeit stellt die statistische Auswertung einer repräsentativen Anzahl von in der jeweiligen Gliederungsstruktur erfaßten Gebäuden dar, um gemittelte Werte einzelner Kriterien für die Elemente zu berechnen (top-down-Ansatz). Nach der Erarbeitung eines derartigen Element-Katalogs, könnten Gebäude damit beschrieben werden, deren Detaillierungsgrad noch nicht weit genug fortgeschritten ist, um den bottom-up-Ansatz anzuwenden.

Die funktionale Einheit für die Elemente ist eine Bezugsmenge in lfm,  $m^2$  oder Stück (bei technischen Installationen).

Makroelemente werden in einer der Elementebene übergeordneten Gliederungsebene beschrieben, d.h. Makroelemente sind eine Zusammenfassung verschiedener Elemente nach bestimmten Kriterien (z.B.  $m^2$  einer bestimmten Nutzung, alle Außenwände etc.). Makroelemente stellen eigentlich eine adhoc-Kategorie dar, die Gliederungsstruktur für Makroelemente kann frei gewählt werden. Sie dient der Übersichtlichkeit der Gebäudebeschreibung und der Auswertung unter Berücksichtigung von spezifischen Kennwerten auf dieser Gliederungsebene.

Die funktionale Einheit für Makroelemente ist im allgemeinen eine Bezugsmenge in  $m^2$  oder dimensionslos, wenn es sich um eine Zusammenfassung aller Elemente eines bestimmten Merkmals handelt.

### Beispiel

- Element: 1 m<sup>2</sup> Fensterfläche in Außenwand
- Makroelement: alle Fenster im Gebäude

### Datenbanken

Eine Element-Datenbank sollte Informationen über Lebensdauern, Risiken, Unterhaltsaufwendungen, Erneuerungsmöglichkeiten und dem Recyclingpotential bzw. der Abfallkategorie aufgrund der Verbindungen enthalten. Weiterhin können physikalische Eigenschaften wie Brandschutzklassen, Schallschutzwerte und k-Werte zugeordnet werden.

Es gibt bisher keine allgemein anerkannte Datenbasis auf Element- und Makroelementebene. Wegen der unterschiedlichen Strukturen in den Bausektoren der einzelnen Staaten ist fraglich, ob es eine derartige Datenbank jemals geben wird. Zur Zeit ist es üblich, daß jede Forschergruppe im Bereich Lebenszyklusanalyse im Bauwesen ihre eigene Datenbank mit Elementen auf Grundlage der eigenen Bilanzierungen erstellt. Im Forschungsprojekt REGENER<sup>123</sup> wurde dazu eine (unvollständige) Liste veröffentlicht.

### Anmerkungen

Die Element- und die Makroelementebene stellen die Gliederungsebenen dar, auf der Gebäude in der frühen Entwurfsphase am einfachsten beschrieben werden können. Die Informationen auf der Element-Ebene sind bereits detailliert genug, um Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Umweltbelastungen des Gebäudes unter Berücksichtigung aller Lebenszyklusphasen darauf aufzusetzen (siehe Kapitel 5.7.3 und A.3). Für die Phase des Rückbaus und der Entsorgung müssen die Elemente entsprechende "Abbruch"-Bauleistungen und Entsorgungsprozesse beinhalten oder mit speziellen "Rückbau"-Elementen verknüpft sein.

#### 4.3.7 Gebäude

Die funktionale Einheit von Gebäuden ist in aller Regel eine flächenbezogene bestimmte Nutzung (m<sup>2</sup> BGF Krankenhaus). Für die Festlegung der verschiedenen Nutzungs- und Flächenarten kann die DIN 277<sup>124</sup> herangezogen werden. Die funktionale Einheit kann jedoch auch auf eine andere charakteristische Größe bezogen werden (pro Krankenhausbett).

Die zeitlichen Systemgrenzen für die Bilanzierung von Gebäuden erstrecken sich über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden, d.h. vom Baubeginn bis zum Ende des Abbruchs. Die räumlichen Systemgrenzen werden üblicherweise auf die Grenzen des Grundstücks bezogen, auf dem das Gebäude errichtet wird. Durch die Verknüpfung mit vorgelagerten und nachfolgenden Prozessen (Herstellung Baustoffe, Bereitstellung Energie, Transportprozesse, Entsorgung des Abbruchmaterials) werden diese Grenzen indirekt erweitert.

### Anmerkungen

Die bauliche Herstellung und der Rückbau eines Gebäudes kann als Komposition der in den vorherigen Abschnitten beschriebenen Komponenten bilanziert werden. Für die Nutzungsphase müssen zusätzliche Nutzungsprozesse (entsprechend den Bauprozessen bestehend aus Basisdaten über Materialien und Energie- und Transportprozessen) zur Verfügung stehen (siehe auch 4.4.2).

---

<sup>123</sup>[REGENER 97b]

<sup>124</sup>[DIN 277]

In allen bisher publizierten Verfahren zur Bilanzierung von Gebäuden mit dem bottom-up-Ansatz finden sämtliche Prozesse, die für die Planung eines Gebäudes ausgeführt werden, keine Berücksichtigung. Voraussetzung für eine Berücksichtigung der Planungsprozesse wäre die Bilanzierung von Dienstleistungen, auf die das Baugewerbe zurückgreift. Ansätze hierfür werden in einer Studie über Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen der Enquete Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt"<sup>125</sup> aufgezeigt. Für die Ermittlung dieser Vorleistungen werden Input-Output-Tabellen des Statistischen Bundesamtes mit den zugehörigen Verflechtungstabellen der unterschiedlichen Wirtschaftsbereiche verwendet. Das heißt, es erfolgt eine Disaggregation mit Hilfe von Verteilschlüsseln. Hinweise auf die Bilanzierung von Dienstleistungen für Büroarbeit und Kommunikationstechnologien finden sich bei KOHLER<sup>126</sup> und einer Publikation des ÖKOINSTITUTS<sup>127</sup>.

#### 4.3.8 Gebäudebestand

Die oberste Ebene der Bilanzierung im Bauwesen stellt der gesamte Gebäudebestand dar. Der Gebäudebestand selbst kann in verschiedene Kategorien unterteilt werden:

- räumliche Eingrenzung nach natürlichen oder sonstigen Grenzen (Kontinente/Staaten/Regionen/Städte etc.)
- Nutzungsstruktur (Wohngebäude/Büro- und Verwaltungsgebäude/Gebäude für Industrie/Forschung/Militär etc.)
- Altersstruktur
- Größe etc.

In einer Studie der Enquete Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" über Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen<sup>128</sup> wurde der deutsche Gebäudebestand nach Alters- und Nutzungsklassen untersucht. Für die Bilanzierung wurde ein Untersuchungskonzept gewählt, das eine Kombination des Top-down-Ansatzes mit dem Bottom-up-Ansatz darstellt.

Für den Top-down-Ansatz wurden amtliche und allgemein zugängliche Statistiken für das Referenzjahr 1991 und für den Bereich Hochbau und Ausbau analysiert, um die direkten Stoffströme, Energieverbräuche und Emissionen zu ermitteln. Für die Bestimmung der stofflichen und energetischen Rucksäcke und der indirekten Emissionen, die in anderen Wirtschaftsbereichen durch Nachfrage von Bauleistungen verursacht werden, erfolgte eine erweiterte Input-Output-Analyse.

Der Bottom-up-Ansatz basiert auf detaillierten Prozeßkettenanalysen von Referenzgebäuden über Bauelemente, Baustoffherstellung und Vorstufen. Aus diesen Referenzgebäuden, die in 6 Altersklassen und 12 Nutzungsklassen eingeteilt wurden, wurde der Gebäudebestand Deutschlands in einem sogenannten "Bestandsmodell" abgebildet.

Die Autoren der Studie stellen die Möglichkeiten und Grenzen der Kombination beider Ansätze wie folgt dar:

Bei der Kombination der Ansätze Top-down und Bottom-up waren folgende Schwierigkeiten zu erwarten:

- In der makroökonomischen Rechnung stellt sich nach derzeitigem Forschungs- und Datenstand hauptsächlich die Abgrenzung Hochbau/Tiefbau als problematisch dar, hier liegen vor allem im Bereich der mineralischen Stoffflüsse große Mengenunsicherheiten.

<sup>125</sup>[ENQUETE 99]

<sup>126</sup>[KOHLER 98a]

<sup>127</sup>[ÖKOINSTITUT 97]

<sup>128</sup>[ENQUETE 99]



- Im Bestandsmodell dagegen war zu erwarten, daß es schwierig sein würde, die Mengen und Eigenarten des Gesamtbestands über die Referenzobjekte vollständig und in allen entscheidenden Stoffverhältnissen wirklichkeitsgetreu zu erfassen; auch die in den amtlichen Statistiken vorliegenden Flächenzahlen sind unvollständig.
- Grundsätzliche methodische Probleme bestehen mit der Abgrenzung des privaten und öffentlichen Bereichs (etwa in bezug auf die Frage, welche Bereiche zur öffentlichen Infrastruktur zählen und welche noch zum privaten Bereich).

Eine Verbesserung der Daten im Bereich der Sachbilanzen wäre wünschenswert, wobei als Ergänzung eine Untersuchung der Bereiche Tiefbau/Infrastruktur naheliegend wäre.

Trotz der in dieser Studie noch gegebenen Abweichungen der Ergebnisse der Stoffflußgrößen im Referenzjahr 1991 erscheint die Kombination der makroökonomischen Daten mit dem Bestandsmodell sinnvoll.

Die Ergebnisse aus der makroökonomischen Berechnung (Top-down-Ansatz) erlauben eine Referenzierung der Ergebnisse aus dem Bestandsmodell.

Durch die hohe Verweildauer der Stoffe im Gebäudebestand liefern die jährlichen Bilanzen (Top-down) zwar Hinweise auf die Dynamik der Veränderung der Massen (Aufbau Zwischenlager) und ermöglichen auch die Darstellung der Entwicklung der Emissionen, Belege für die qualitative Veränderung der Stoffbewegungen können aber nur über die Analyse der Alterung und Entwicklung des Bestands errechnet werden.

Diese aufwendige und mit der Ermittlung großer Datenmengen verbundene Methode hat den Vorzug, daß Angaben nicht nur über die Größenordnungen der Stoffeinträge und -austräge möglich sind, sondern auch Rechengrößen darüber, wie sich die Müllmengen künftig qualitativ verändern werden.<sup>129</sup>

Weitere Informationen über die Lebenszyklusanalyse von Gebäudebeständen finden sich auch bei Kohler<sup>130</sup> und Hassler<sup>131</sup>.

---

<sup>129</sup>[ENQUETE 99], S.7

<sup>130</sup>[KÖHLER 95b] und [KÖHLER 97c]

<sup>131</sup>[HASSLER 97]

## 4.4 Zusätzliche Komponenten (Nutzung des Gebäudes)

In diesem Kapitel werden die für eine Lebenszyklusanalyse notwendigen zusätzlichen Module für die gebäudeinterne Nutzung in Anlehnung an die im vorigen Kapitel aufgebaute Struktur beschrieben.

Die Komponenten Basisprozesse und Hilfsstoffe (Baustoffe/Bauteile und Hilfsstoffe) finden auch in diesem Abschnitt Anwendung. Eine Entsprechung zu den Komponenten Bauwerksteile, Elemente und Makroelemente gibt es nicht.

Die Nutzungsprozesse (Kapitel 4.4.1 und 4.4.2) sind vergleichbar mit den Bauprozessen, mit den Bauleistungen für die Nutzung (Kapitel 4.4.3) wird der Sonderfall der Gebäudenutzung innerhalb der Bauleistungen betrachtet.

### 4.4.1 Nutzungsprozesse für Betrieb der technischen Anlagen

Nutzungsprozesse für den Betrieb der technischen Anlagen im Sinne dieser Arbeit sind alle Prozesse, die innerhalb des Gebäudes anfallen, um den Betrieb der technischen Anlagen und den Gebrauch des Gebäudes gemäß den Nutzungsanforderungen zu ermöglichen.

Für den Betrieb der technischen Anlagen sind in erster Linie Prozesse für die Behandlung des Raumklimas (Heizung, Lüftung, Klimatisierung), die Beleuchtung und den Blendschutz (Kunstlicht, Verschattungseinrichtungen) und die Beförderungssysteme (z.B. Aufzüge) zu nennen.

Die funktionale Einheit von Nutzungsprozessen für den Betrieb der technischen Anlagen kann mit der Einheit h entweder auf die Betriebsstunden (Beförderungssysteme, Verschattungseinrichtungen) oder mit der Einheit kWh auf die erforderliche Nutzenergie (Wärme, Kälte etc.) bezogen sein.

#### Beispiel

- 1 kWh Wärme einer bestimmten Art der Wärmeerzeugung
- 1 h Betriebszeit für Aufzug

#### Datenbanken

Prozesse für den Teil Wärmeversorgung sind in den ÖKOINVENTAREN VON ENERGIESYSTEMEN<sup>132</sup> umfangreich (auch für solare Systeme) bilanziert.

### 4.4.2 Nutzungsprozesse für Gebäudenutzung

In der Kategorie Nutzungsprozesse für die Gebäudenutzung sind Prozesse für Wasserbereitstellung (auch für die Außenanlagen) und die Reinigung zu berücksichtigen.

Nutzungsspezifische Aufwendungen können in die Betrachtung mit einbezogen werden (z.B. elektrische Energie für Geräte, Materialverbrauch). Diese Aufwendungen sind nicht gebäudespezifisch. Für die Analyse eines Gebäudes an sich sind sie deshalb unerheblich, können aber relevant werden, wenn dadurch die Versorgung des Gebäudes mit den für die Nutzung erforderlichen Medien beeinflusst wird (z.B. durch hohe Kühllasten).

Die funktionale Einheit dieser Nutzungsprozesse ist abhängig vom Prozeß selbst. Für die Bereitstellung von Wasser können dies m<sup>3</sup> bzw. l sein, die meisten anderen Prozesse werden in h Arbeitszeit bilanziert.

---

<sup>132</sup>[ÖKOINVENTARE 95]

**Beispiel**

- 1 m<sup>3</sup> Bereitstellung von Wasser 60°C
- 1 h Reinigen von Teppichböden

**Datenbanken**

Für diese Prozesse sind keine Datenbanken bekannt. Es gibt jedoch einige Publikationen, vorwiegend von Banken, die Daten von betrieblichen Umweltbilanzen enthalten<sup>133</sup>. Darin sind beispielsweise Input-Output-Analysen über verschiedene Umlaufgüter wie Papier, Büroartikel sowie Wasser und Abfälle enthalten.

**4.4.3 Bauleistungen (Betrieb)**

Analog zu der Systematik im Kapitel 4.3 können auch für die Nutzungsphase des Gebäudes Bauleistungen definiert werden.

Bauleistungen für den Betrieb sind eine Zusammenfassung von verschiedenen Nutzungsprozessen und Transportprozessen (für die Anlieferung der verarbeiteten Hilfsstoffe und die Abfuhr der angefallenen Abfälle).

Die funktionale Einheit ist eine Bezugsmenge in m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup> oder h Arbeitszeit.

Der wesentliche Unterschied zu den Nutzungsprozessen besteht in der eindeutigen Zuordnung zu Gebäudeteilen.

**Beispiel**

- Beheizung des Gebäudes mit 1kWh Wärme (im Gegensatz zu dem Nutzungsprozeß Bereitstellen von Wärme, müssen in der Bauleistung auch die Aufwendungen für den Betreiber selbst wie Hausmeisterdienste für die Wartung berücksichtigt sein)
- Reinigen von 1 m<sup>2</sup> Teppichboden

---

<sup>133</sup>[LBB 97], [BV AG 95] und [BV AG 96]

## 4.5 Strategien für *Unterhalt/Erneuerungen* von Gebäuden

Die Lebensdauer eines Gebäudes und die Gebrauchsfähigkeit während der Nutzungsdauer hängt maßgeblich davon ab, mit welcher Strategie die Maßnahmen für *Unterhalt* und *Erneuerungen* vorgenommen werden. Das heißt davon, mit welcher Maßgabe der Bauherr, Eigentümer oder Verwalter des Gebäudes der Bauteilalterung entgegenwirkt. Dieses Kapitel zeigt nach der Abgrenzung zwischen *Unterhalt* und *Erneuerung* (Unterkapitel 4.5.1) kurz die Grundlagen für die Alterung von Bauteilen auf (Unterkapitel 4.5.2) und beschreibt anschließend die verschiedenen Strategien, wie dieser Alterung entgegengewirkt werden kann (Unterkapitel 4.5.3).

### 4.5.1 *Abgrenzung Unterhalt und Erneuerung*

Unter *Unterhalt* werden diejenigen Maßnahmen verstanden, die zum Erhalt der Bausubstanz in ihrer ursprünglichen Nutzung und ihrem Wert notwendig sind und in regelmäßigen Zyklen durchgeführt werden müssen. Es kann hierbei noch zwischen *Instandhaltung* = Wahren der Funktions- und Gebrauchstauglichkeit und *Instandsetzung* = Wiederherstellen der Funktions- und Gebrauchstauglichkeit unterschieden werden. Für Wohngebäude können für die *Instandhaltung* Zyklen von 5 Jahren (Anstrich auf Wetterseite, Wartungsarbeiten) und 10 Jahren (sonstige Anstriche), für die *Instandsetzung* von 10 (Fußboden und Innenwandbekleidung), 20 (Austausch technische Installationen) und 25 Jahren (Fenster, Dach, Sanitärgegenstände, Fassaden) angenommen werden<sup>134</sup>.

Der *Erneuerung* der Bausubstanz sind dementsprechend alle Maßnahmen zuzuordnen, die einen weitergehenden Eingriff in das Gebäude oder Gebäudeteile darstellen. Das Ziel der *Erneuerungsmaßnahmen* ist nicht nur die Wiederherstellung des ursprünglichen Zustands, sondern kann auch eine Anpassung an veränderte Nutzungen und zeitgemäße oder zukünftige Anforderungen (z.B. auf dem Gebiet der Haustechnik) darstellen und somit auch einen wesentlichen Eingriff in die Gebäudestruktur bedeuten.

### 4.5.2 *Alterungsverhalten, Lebensdauer und Ersatzzeitpunkt*

Der Alterungsprozeß von Gebäuden respektive Bauteilen hängt von zahlreichen Faktoren ab. Die wichtigsten Faktoren sind die technische Qualität des Gebäudes (Konstruktionsart und Materialwahl), die Nutzungsintensität und die umweltbedingten Einflüsse (Lärm, Abgase, Erschütterungen und Schadstoffe in der Luft/im Niederschlag). Darüber hinaus können Veränderungen im Anspruch an das Gebäude zu vorzeitiger "funktioneller Veralterung" führen. Dies bedeutet, daß ein Bauteil zwar aufgrund seiner bautechnischen Eigenschaften noch gebrauchstauglich ist, aber nicht mehr den im Vergleich zum Einbauzeitpunkt erhöhten Anforderungen entspricht. Erhöhte Anforderungen können beispielsweise aus Veränderungen in der Nutzerstruktur (andere Nutzung, andere Komfortansprüche) oder infolge von geänderten gesetzlichen Regelungen (z.B. Energieeinsparung) resultieren.

Jedes Bauteil/Material unterliegt in Abhängigkeit von diesen Faktoren einem spezifischen Alterungsprozeß. Insgesamt gilt jedoch, daß Bauteile des Ausbaus schneller altern als haustechnische Einrichtungen; der Rohbau zeigt die langsamsten Alterungserscheinungen. Infolge dieser unterschiedlichen Alterungsmerkmale ergeben sich unterschiedlich lange Lebensdauern und damit auch unterschiedliche *Erneuerungszeitpunkte*. Im Sinne des nachhaltigen Wirtschaftens ist die Berücksichtigung dieser unterschiedlichen Lebensdauern bei der Konstruktion eines Gebäudes zwingend notwendig. Nur dann ist gewährleistet, daß der bauliche *Unterhalt* eines Gebäudes mit möglichst geringem Aufwand erfolgen kann.

---

<sup>134</sup>vgl. [IP Bau 94]

Daten über das Alterungsverhalten von Bauteilen liegen bisher nur in geringem Umfang vor. In einer Schweizerischen Studie<sup>135</sup> wurde das Alterungsverhalten von bewitterten Bauteilen bei verschiedenen Voraussetzungen analysiert und in Form von Wert-Alterungsdiagrammen dokumentiert. Dabei wurde der Zustand der Bauteile in Abhängigkeit des Alters nach einer Bewertungsskala für optimale, mittlere und schlechte Voraussetzungen beurteilt und in bezug zur Zustandseinschätzung nach der Grobdiagnose-Methode<sup>136</sup> gebracht.

Aus diesen Diagrammen können nun die von den Voraussetzungen abhängigen Lebensdauern des jeweiligen Bauteils abgelesen und für ein konkretes Bauteil mit einem bestimmten Alter entsprechend die Restlebensdauer ermittelt werden. Das Ende der Lebensdauer wird (gemäß der Grobdiagnose-Einschätzung) jeweils mit dem Übergang des Bauteilzustands in die Kategorie D (Ende Lebensdauer, sofortige Maßnahmen notwendig) angenommen.

Abbildung 22<sup>137</sup> zeigt ein Beispiel für das Bauteil Verputz. Für das einzuschätzende Bauteil wurden folgende Vorgaben gemacht: Alter 30 Jahre, konventioneller Verputz, Gebäude an exponierter Lage und ohne Vordach. Diesen Vorgaben gemäß wurde die Kurve für mittlere Voraussetzungen für die Bestimmung der Restlebensdauer verwendet.

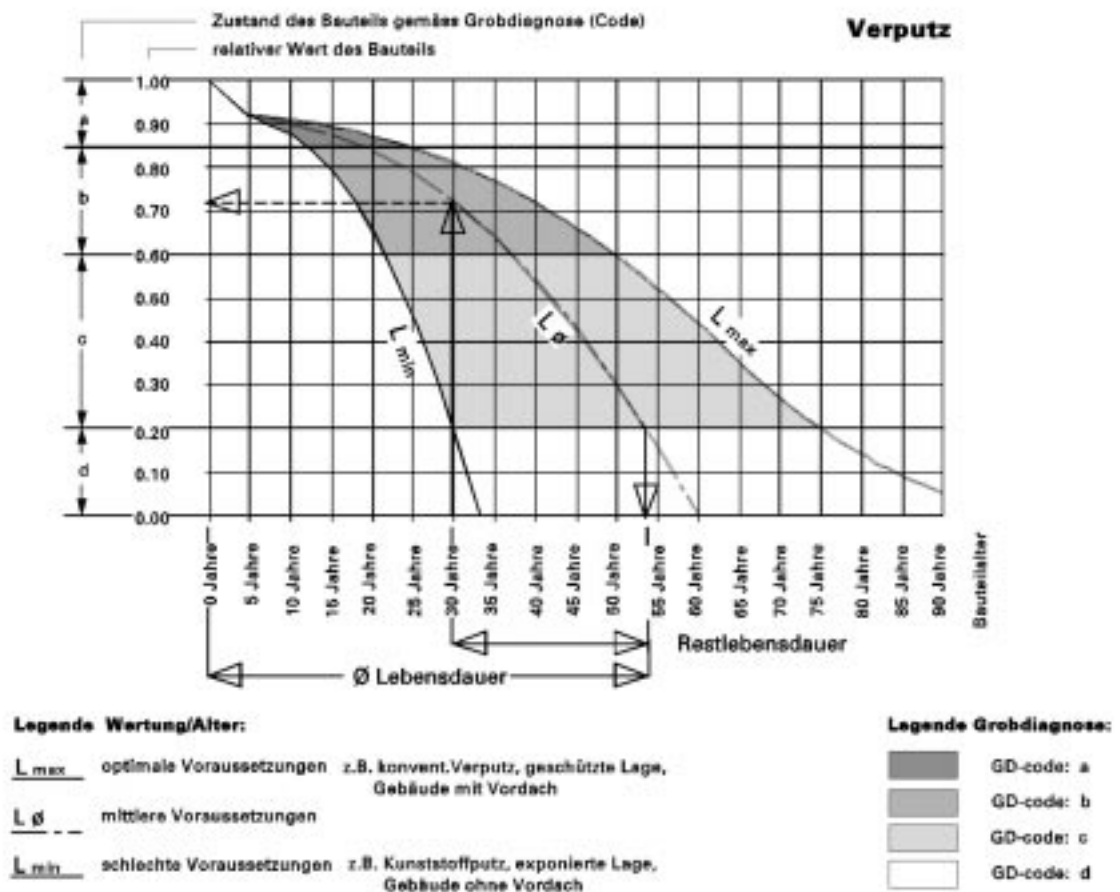


Abbildung 22: Beispiel eines Wert-Alterungsdiagramms

Eine weitere Analyse im Rahmen dieser Studie galt der statistischen Erhebung des Ersatzzeitpunkts für Bauteile. Diese Untersuchung zeigt, daß das tatsächliche Alter der Originalbauteile

<sup>135</sup> [IP Bau 94]

<sup>136</sup> siehe [IP Bau 95a]

<sup>137</sup> [IP Bau 94], Grafik 2.1

beim Ersatz für unterschiedliche Baujahre (ab 1933) deutliche Unterschiede aufweist. Begründet wird das in der Regel geringere Alter der Bauteile (beim Ersatz) neuerer Bauart mit dem hohen Verschleiß durch intensivere Nutzung und mit aggressiveren Umwelteinflüssen sowie der anfälligeren Materialien und Konstruktionen.

### 4.5.3 Allgemeine Strategien für *Unterhalt/Erneuerung*

Der Nutzwertverlauf eines Gebäudes wird maßgeblich durch die angewandte *Unterhalts- bzw. Erneuerungsstrategie* beeinflusst. *Abbildung 23*<sup>138</sup> zeigt vereinfacht den Verlauf des Nutzwerts für die im folgenden beschriebenen Strategien.

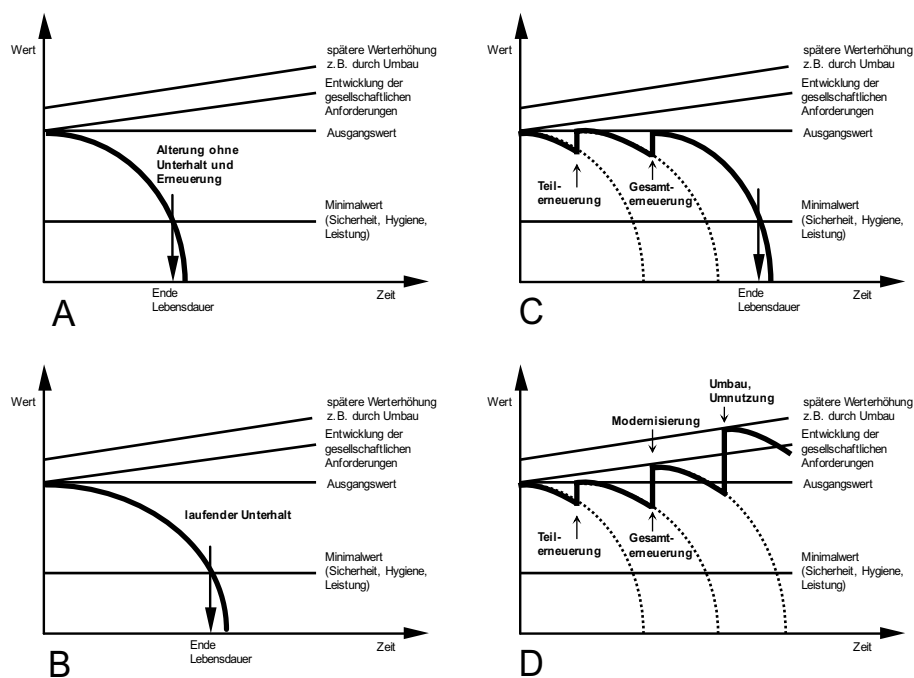


Abbildung 23: Vereinfachtes Prinzip der Alterung von Gebäuden

#### A **Abbruchstrategie** (Verlauf ohne Unterhalt und Erneuerung)

Von einer Bewirtschaftung auf Abbruch kann man sprechen, wenn keinerlei Maßnahmen zur Instandhaltung und Instandsetzung getroffen werden. Nach einer zu Beginn konstant langsamen Alterung führt die Dynamik der Folgeschäden zu einem schnellen Abfall des Nutzwerts. Sinkt dieser Wert unter einen Minimalwert der Gebrauchstauglichkeit, ist das Ende der Lebensdauer des Gebäudes erreicht.

#### B **Abnutzungsstrategie** (Verlauf mit Instandhaltung)

Bei der Abnutzungsstrategie werden Maßnahmen der Instandhaltung (regelmäßiges Streichen von Fassadenbauteilen und Wänden/Decken, Wartung der technischen Anlagen), getroffen, um die Gebrauchstauglichkeit zu wahren. Diese Strategie führt zu einem im Vergleich zur Abbruchstrategie zwar verzögerten jedoch trotzdem deutlichen Abfall des Nutzwerts.

#### C **Substanzerhaltungsstrategie** (Verlauf mit Instandhaltung und Instandsetzung)

Die Substanzerhaltung wird durch Maßnahmen der Instandhaltung und Instandsetzung erreicht. Dabei wird versucht, die Gebrauchstauglichkeit des Ausbaus und der technischen

<sup>138</sup>[ENQUETE 99] , S.32

Anlagen der voraussichtlichen Dauerhaftigkeit des Rohbaus anzupassen. Diese Maßnahmen führen dazu, daß der Nutzwert des Gebäudes immer wieder auf den Ausgangswert angehoben wird und verzögern damit den Alterungsprozeß des Gebäudes massiv.

#### **D Erneuerungs- oder Werterhöhungsstrategie** (Verlauf mit Erneuerung)

Werden zusätzlich zu den aus technischen Gründen durchgeführten Unterhaltsmaßnahmen Verbesserungen und Anpassungen an neue Standards durchgeführt, spricht man von einer Erneuerungs- oder Werterhöhungsstrategie. Dies führt zu einer Steigerung des Nutzwerts über den Ausgangswert hinaus. Der Alterungsprozeß des Gebäudes wird dadurch weiter verzögert.

### **4.6 Fazit**

Für die Bewertung von Gebäuden ergeben sich demnach eine Reihe von Schlussfolgerungen:

- Die Bewertungsmethoden müssen den gesamten Lebenszyklus umfassen.
- Eine separate Bewertung des Aufwands zur Erstellung und zum Rückbau, zum Unterhalt und zur Nutzung von Gebäuden ist anzustreben.
- Der Bewertung müssen komplexe Modelle zugrunde liegen, die funktionale Einheit muß das Gebäude als Ganzes sein – isolierte Lebenszyklusanalysen der Bauteile/Baustoffe allein lassen keine gültigen Rückschlüsse auf das Gebäude zu.
- Ein modularer Aufbau der Gebäudebeschreibung ermöglicht Teilaggregationen auf unterschiedlichen Ebenen und bewirkt damit eine Reduktion des Bewertungsaufwands.
- Szenarien und Hypothesen, die vereinfachend angewandt werden, müssen offengelegt werden (z.B. Erneuerungsstrategien).

Es ist unter Fachleuten heute unumstritten, daß für die Bewertung eines Gebäudes unter dem Nachhaltigkeitsaspekt der gesamte Lebenszyklus betrachtet werden muß. Die Dokumentation mehrerer Verfahren und die Entwicklung von Softwarepaketen zur Lebenszyklusanalyse von Gebäuden spiegelt diese Erkenntnis wider.

Eine separate Bewertung des Aufwands zur Erstellung, zum Unterhalt und zur Nutzung von Gebäuden ist aus mehreren Gründen sinnvoll. Die unterschiedlich großen Stoff- und Energieströme für diese Phasen werden dadurch transparenter, verschiedene Szenarien für die bauliche Erneuerung und die Nutzung des Gebäudes können so einfacher untersucht werden, und es besteht die Möglichkeit zu Vergleichen von Umbauten/Umnutzungen mit Neubauten. Außerdem erfolgt die Ermittlung der Stoff- und Energieströme in den verschiedenen Lebenszyklusphasen durch unterschiedliche Methoden und ist deshalb auch in ihrer Genauigkeit unterschiedlich einzustufen.

Eine Bewertung des gesamten Lebenszyklus von Gebäuden mit den Phasen Herstellung, Nutzung und Rückbau erfordert unterschiedliche Beschreibungen für das Gebäude. Für die Ermittlung des Energiebedarfs während der Nutzungsphase muß ein räumliches Modell vorhanden sein, die Aufwendungen für die Erneuerung können nur über hypothetische Annahmen auf der Grundlage von Erneuerungsstrategien abgebildet werden. Daraus leitet sich die Forderung nach komplexen Modellen ab.

Aufgrund der Betrachtung eines Gebäudes über einen sehr langen Zeitraum hinweg, dessen Ende zumindest in aller Regel in der Zukunft liegt, müssen der Bewertung bestimmte Hypothesen zugrunde gelegt werden. Um den Aufwand für die Berechnungen zu begrenzen, erfolgen zusätzlich

Vereinfachungen im Gebäudemodell. Für eine Einschätzung der Qualität der Ergebnisse oder für den Vergleich mit anderen Bewertungsverfahren müssen diese transparent sein.

Die Lebensdauer eines Gebäudes wird für die Lebenszyklusbetrachtung meistens mit 80 bis 100 Jahren angenommen. Dieses Ende wird in aller Regel bestimmt durch die Unterschreitung eines Minimalwerts an Sicherheit, Hygiene oder Nutzbarkeit im allgemeinen Sinne (siehe Abbildung 23). Danach erfolgt der Abbruch bzw. Rückbau des Gebäudes. Das Ende dieser Nutzbarkeit ist aber nicht gleichbedeutend mit der (ökologischen) Wertlosigkeit des Gebäudes. Selbst wenn keine Weiternutzung, beispielsweise durch eine Nutzung geringerer Wertigkeit, möglich ist, beinhaltet die Bausubstanz des Gebäudes noch ein Potential zur Wiederverwendung oder zum Recycling der Bauteile und/oder Baustoffe, die bei einer Beurteilung nicht außer Acht gelassen werden sollte.

Unter Berücksichtigung all dieser Forderungen können Bewertungen von Gebäuden vorgenommen werden. Nachhaltige Entwicklung im Baubereich bedeutet jedoch nicht nur bestehende oder bereits bis zur Ausführungsreife projektierte Gebäude zu beurteilen, sondern die möglichen Konsequenzen einer Planung bereits während des Planungsprozesses zu berücksichtigen. Bereits während der Planung müssen die ökologischen Auswirkungen des projektierten Gebäudes in allen Lebenszyklusphasen erkannt, müssen Varianten erarbeitet und im Vergleich analysiert werden, muß optimiert werden.

Deshalb stellt sich die Frage, wie die Erkenntnisse, die aus der Lebenszyklusanalyse von Gebäuden gewonnen werden, in den Planungsprozeß einfließen können.



## 5 Ökologische Nachhaltigkeit – relevante Aspekte der Planung

Eine nachhaltige Entwicklung im Planungsprozeß bedeutet, Bauwerke so zu planen, daß sie – über ihre gesamte Lebensdauer betrachtet – zu möglichst wenig Beeinträchtigungen der Umwelt führen. Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Analyse verschiedener Planungsaspekte im Hinblick auf ihre Relevanz für die Nachhaltigkeit. Die ersten Unterkapitel (5.1, 5.2 und 5.3) beschreiben die an einem Projekt Beteiligten unter den Aspekten der Auftragstrukturen, der Funktionen und der Rollen innerhalb des Projektmanagements. Unterkapitel 5.4 beschäftigt sich mit dem Aspekt der Planungsmethode, Unterkapitel 5.5 mit den zugehörigen Planungsinstrumenten. Die folgenden zwei Unterkapitel (5.6 und 5.7) sind den Planungsgrundlagen und Planungswerkzeugen gewidmet. Dabei wird der Begriff (Planungs-)Instrumente in einem abstrakten Sinn als Teile einer Planungstechnik verstanden, während mit dem Begriff (Planungs-)Werkzeuge konkret existierende Verfahren und Hilfsmittel gemeint sind. In Unterkapitel 5.8 werden schließlich die Projektphasen mit ihren unterschiedlichen Schnittstellen zur nachhaltigen Entwicklung betrachtet.

### 5.1 Projektbeteiligte – Auftragsstrukturen

Der zunehmenden Komplexität der Bauaufgaben kann eine tradierte Rollenverteilung Bauherr - Architekt - Fachplaner - Bauunternehmer nicht gerecht werden. Deshalb wurden eine ganze Reihe unterschiedlicher Auftragsstrukturen zwischen Bauherrschaft als die Planung beauftragenden Personen, Planenden und Unternehmern etabliert. Im folgenden Text wird die Nomenklatur "Auftraggeber" verwendet, da die Bezeichnung Bauherr im klassischen Verständnis eine weitergehende Bindung an das Objekt impliziert, als heute tatsächlich vorhanden (siehe auch Kapitel 5.2.1).

Wesentliche Aspekte dieser neuen Konstellationen sind zusätzliche Beratungs- und Managementfunktionen sowie eine "Konzentration von Leistungen auf einen Auftragnehmer". Die zusätzlichen Beratungs- und Managementfunktionen bieten eine bessere Entscheidungsgrundlage für den Auftraggeber, wenn er die Gesamtleitung des Projektes in der Hand behalten möchte. Einige Auftragsformen sind auf eine Delegation der Bauherrenaufgaben in bezug auf das Zusammentragen von Informationen **und** das Treffen der notwendigen Entscheidungen ausgelegt. Die Konzentration von Leistungen auf einen Auftragnehmer erleichtert dem Auftraggeber die Abwicklung des Projektes, weil er nur einen Ansprechpartner hat. Dessen Verantwortlichkeit beschränkt sich nicht auf die einzelnen Leistungen sondern umfaßt auch das Zusammenwirken dieser Leistungen.

Im folgenden werden die einzelnen Auftragsstrukturen mit ihren zugrundeliegenden vertraglichen Regelungen kurz erläutert.

#### 5.1.1 Projektleiter

Der Projektleiter wird vom Auftraggeber ernannt, wenn dieser die Projektleitung nicht selbst übernehmen will oder kann. Die Leistungsbeschreibung für einen Projektleiter sieht folgende Aufgaben vor:

1. *Rechtzeitiges* Herbeiführen der erforderlichen *Entscheidungen*
  - hinsichtlich Funktion, Konstruktion, Standard und Gestaltung
  - hinsichtlich Qualität, Kosten und Termine.
2. *Durchsetzen* der erforderlichen Maßnahmen und *Vollzug* der Verträge unter Wahrung der Rechte und Pflichten des Auftraggebers.

3. *Herbeiführen* aller erforderlichen *Genehmigungen, Einwilligungen und Erlaubnisse* im Hinblick auf die Genehmigungsreife.
4. *Konfliktmanagement* zur Orientierung der *unterschiedlichen Interessen* der Projektbeteiligten auf einheitliche Projektziele hinsichtlich Qualitäten, Kosten und Termine, u. a. im Hinblick auf:
  - die Pflicht der Projektbeteiligten zur fachlich-inhaltlichen Integration der verschiedenen Planungsleistungen,
  - die Pflicht der Projektbeteiligten zur Untersuchung von alternativen Lösungsmöglichkeiten.
5. Leiten von Projektbesprechungen auf Geschäftsführungs-, Vorstandsebene zur *Vorbereitung/Einleitung/Durchsetzung* von Entscheidungen.
6. Führen aller Verhandlungen mit projektbezogener vertragsrechtlicher oder öffentlich-rechtlicher *Bindungswirkung* für den Auftraggeber.
7. Wahrnehmen der zentralen Projektanlaufstelle; Sorge für die Abarbeitung des *Entscheidungs- und Maßnahmenkatalogs*.
8. Wahrnehmen von projektbezogenen *Repräsentationspflichten* gegenüber dem Nutzer; dem Finanzier, den Trägern öffentlicher Belange und der Öffentlichkeit.<sup>139</sup>

Mit der Beauftragung eines Projektleiters delegiert der Auftraggeber seine Bauherrenaufgaben bei der Mitwirkung der Planung weitestgehend. Der Projektleiter trifft einen Teil der Planungsentscheidungen in Vertretung des Auftraggebers. Damit wird die Verantwortung für die Berücksichtigung ökologischer Belange zumindest zum Teil auf den Projektleiter übertragen. Daraus lassen sich zwei Schlußfolgerungen (im Hinblick auf die nachhaltige Entwicklung) ableiten:

- Die Zielsetzung des Auftraggebers in bezug auf die nachhaltige Entwicklung sollte bereits bei Beauftragung des Projektleiters klar und in den vertraglichen Regelungen zwischen Auftraggeber und Projektleiter verankert sein (z.B. durch ein entsprechendes Pflichtenheft, siehe Kapitel 5.5.1).
- Die Auswahl des Projektleiters muß im Hinblick auf diese Zielsetzung erfolgen.

### 5.1.2 Projektsteuerer

Die Projektsteuerung ist seit der Novellierung 1976 in §31 der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure<sup>140</sup> verankert mit der folgenden (unvollständigen) Aufzählung von Aufgaben, die ein Projektsteuerer übernehmen kann :

1. Klärung der Aufgabenstellung, Erstellung und Koordinierung des Programms für das Gesamtprojekt,
2. Klärung der Voraussetzungen für den Einsatz von Planern und anderen an der Planung fachlich Beteiligten (Projektbeteiligte),
3. Aufstellung und Überwachung von Organisations-, Termin- und Zahlungsplänen, bezogen auf Projekt und Projektbeteiligte,
4. Koordinierung und Kontrolle der Projektbeteiligten, mit Ausnahme der ausführenden Firmen,
5. Vorbereitung und Betreuung der Beteiligung von Planungsbetroffenen,

<sup>139</sup>[VOLKMANN 96], S.1875

<sup>140</sup>[HOAI 91 ]

6. Fortschreibung der Planungsziele und Klärung von Zielkonflikten,
7. laufende Information des Auftraggebers über die Projektabwicklung und rechtzeitiges Herbeiführen von Entscheidungen des Auftraggebers,
8. Koordinierung und Kontrolle der Bearbeitung von Finanzierungs-, Förderungs- und Genehmigungsverfahren.

Dabei wird ausdrücklich erwähnt, daß es sich bei diesen Aufgaben originär um solche des Auftraggebers, also des Bauherrn, handelt. Da jedoch der Auftraggeber bei größeren Projekten, insbesondere bei Einschaltung von vielen an der Planung fachlich Beteiligten, nicht mehr in der Lage ist, die gesamte Koordination, Steuerung und Überwachung der Geschehensabläufe zu übernehmen, kann er Aufträge für bestimmte Leistungen der Projektsteuerung vergeben.

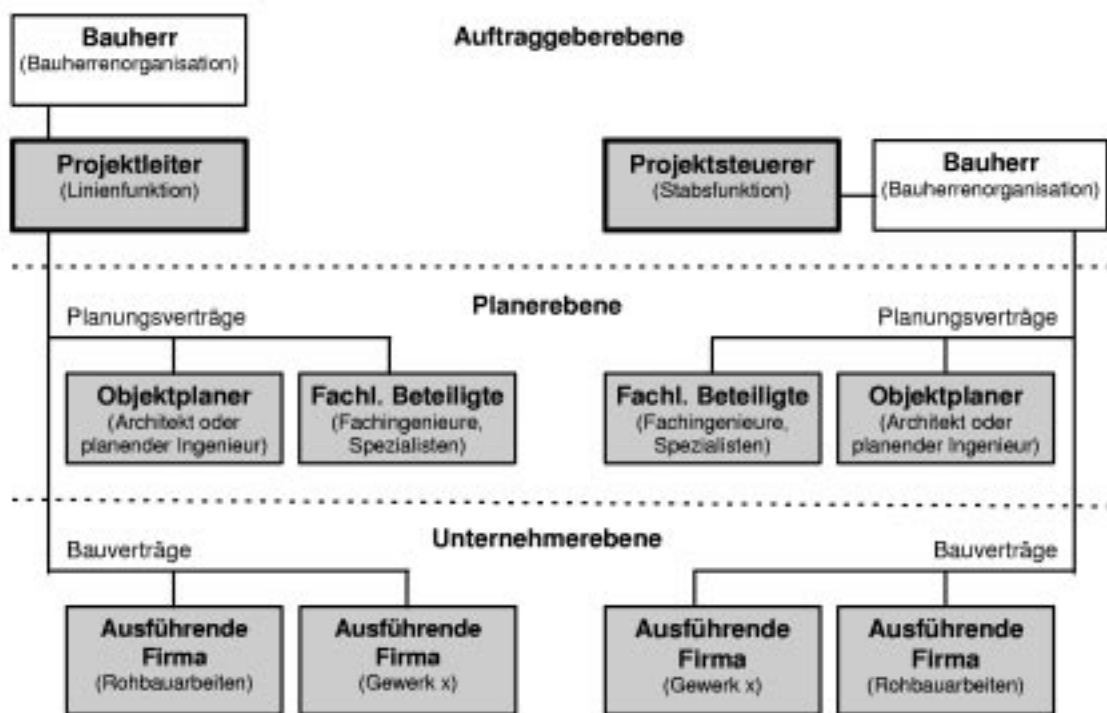


Abbildung 24: Projektleiter und Projektsteuerer – vertragliche Beziehungen

Zur Abgrenzung zwischen Projektleitung und Projektsteuerung (siehe Abbildung 24):

Die Projektleitung hat Linienfunktion (Abbildung 24, links), während die Projektsteuerung zu meist Stabsfunktion (Abbildung 24, rechts) hat. Die Projektleitung übernimmt Verantwortung, trifft Entscheidungen, setzt diese durch, läßt sich berichten, während die Projektsteuerung Impulse gibt, Vorschläge erarbeitet, Entscheidungen vorbereitet, Risiken abschätzt und berichtet, also eher zuarbeitet ohne eigene Entscheidungsgewalt.

Originär ist die Funktion des Projektsteuerers auf der Hierarchieebene des Auftraggebers zu sehen, sie ist jedoch auch auf der Ebene der Planer möglich.

Der Projektsteuerer übernimmt also die Projektorganisation für den Auftraggeber und unterstützt dessen Entscheidungen durch das Zusammentragen der dafür relevanten Informationen. Die Entscheidung selbst und damit auch die Verantwortlichkeit für die Berücksichtigung ökologischer Belange bleibt beim Auftraggeber. Da er seine Entscheidungen jedoch auf Grundlage

der Informationen trifft, die vom Projektsteuerer hierfür aufbereitet werden, wirkt dieser sozusagen als Filter. Damit gelten im Hinblick auf die Nachhaltigkeit des Projektes die gleichen Schlußfolgerungen wie für den Projektleiter.

### 5.1.3 Generalplaner

Generalplanertätigkeit ist eine relativ neue Form der Zusammenarbeit zwischen allen an einem Bauwerk tätigen Planern, die beauftragt und geführt werden vom Generalplaner. Die Führung der Gruppe übernimmt in der Regel, bedingt durch seine Pflicht zur technischen Koordination und Integration allgemein der Architekt, der dann mit seinen eigenen und den integrierten Leistungen seiner Fachplaner die Schnittstelle zum Auftraggeber darstellt.<sup>141</sup>

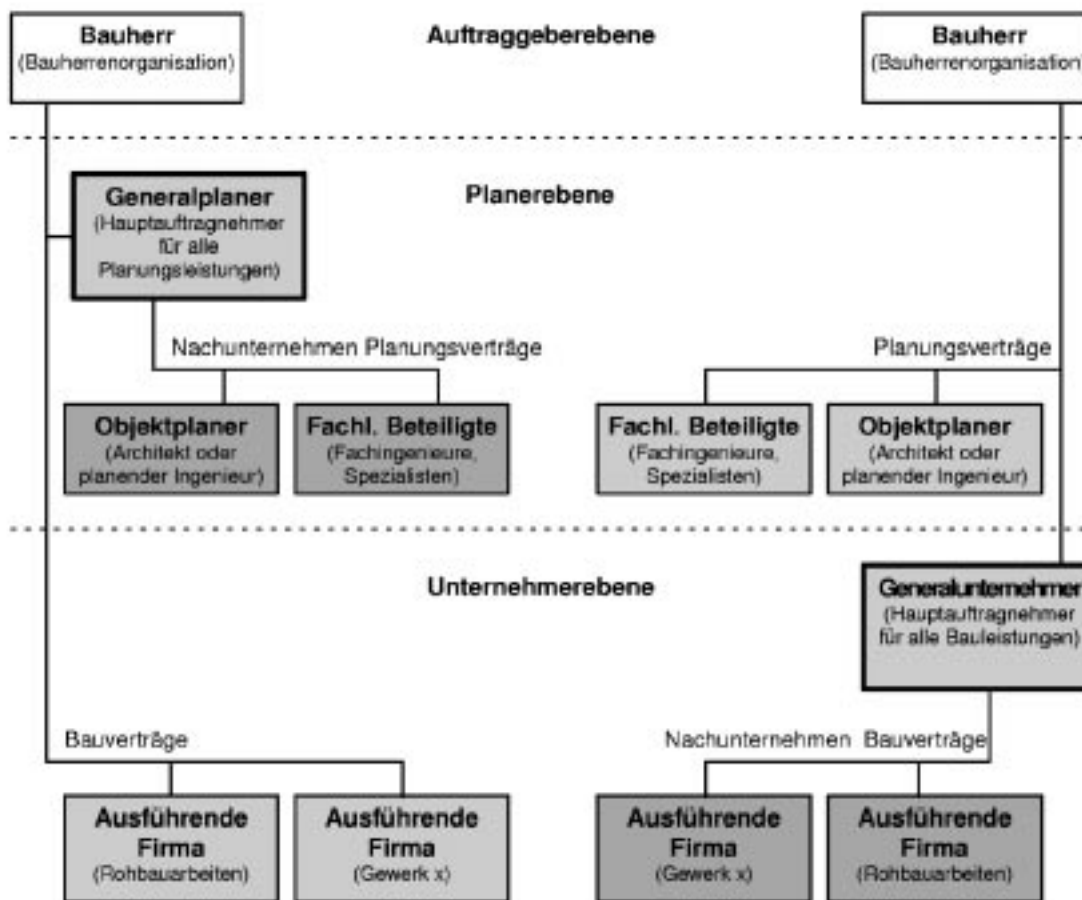


Abbildung 25: Generalplaner und Generalunternehmer – vertragliche Beziehungen

Der Generalplaner übernimmt im Gegensatz zum Projektsteuerer die Koordination, Organisation, Termin- und Kostenplanung sowie Qualitätsmanagement nur im Teilbereich Planung. Damit kann man den Generalplaner auch als Projektsteuerer auf der Hierarchieebene Planung betrachten (siehe auch Abbildung 25, links). Er übernimmt die Verantwortung für alle zur Durchführung eines Projekts notwendigen Planungsleistungen, er garantiert für eine fehlerfreie Leistung auch der ihm zuarbeitenden Fachplaner. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Fachplaner Mitarbeiter im eigenen Haus oder von externen Büros sind. Die externen Fachplaner sind, vertraglich geregelt, direkt dem Generalplaner verpflichtet.

<sup>141</sup>[VOLKMANN 97], S.547

Der Vorteil des Generalplaners für den Auftraggeber liegt darin, daß er nur einen Ansprechpartner hat, der gesamtschuldnerisch für die gesamte Planung und damit auch für die Einhaltung der Maßgaben für die Nachhaltigkeit des Bauprojekts haftet. Voraussetzung hierfür ist wiederum die Festlegung dieser Maßgaben (Pflichtenheft) vor der Beauftragung des Generalplaners und die Auswahl des Generalplaners unter diesem Gesichtspunkt.

Da sich die Aufgaben und die Verantwortlichkeit des Generalplaners auf die Planungsleistungen beschränken, muß der Auftraggeber sicherstellen, daß die ökologischen Belange auch auf der Unternehmerebene Berücksichtigung finden.

#### 5.1.4 Generalunternehmer

Der Generalunternehmer bietet die Ausführung der Bauleistungen aller Gewerke eines Bauvorhabens aus einer Hand an (Abbildung 25, rechts).

Generalunternehmer sind in aller Regel große Bauunternehmen, die die meisten Bauleistungen selbst erbringen. Die Bauleistungen aus firmenfremden Gewerken werden durch Nachunternehmer erbracht, die vertraglich direkt dem Generalunternehmer verpflichtet sind. Abhängig vom Zeitpunkt der Beauftragung kann ein Generalunternehmer auch Teilbereiche der Planungsleistungen übernehmen.

Für den Auftraggeber bietet der Generalunternehmer (ähnlich wie der Generalplaner) den Vorteil, daß die gesamte Ausführung in einer Hand ist und somit wiederum eine gesamtschuldnerische Haftung auf seiten des Generalunternehmers liegt. Zusätzlich können (müssen aber nicht) kürzere Kommunikationswege innerhalb der Firma eine schnellere Durchführung des Bauvorhabens ermöglichen.

Mit der Wahl des Generalunternehmers trifft der Auftraggeber eine Vorentscheidung in bezug auf die Umsetzung seiner Anforderungen an die Nachhaltigkeit des eigentlichen Bauprozesses. Deshalb sollten vor dieser Entscheidung entsprechende Referenzen eingeholt werden. Das Ökoauditing (siehe auch Kapitel 2.2.2) kann hier einen Beitrag leisten. Die Umsetzung von ökologischen Anforderungen an das Gebäude muß durch eine entsprechende Baubeschreibung (Pflichtenheft), die Teil des Vertrags mit dem Generalunternehmer ist, gesichert werden.

#### 5.1.5 Totalunternehmer und Generalübernehmer

Ein Totalunternehmer, zumeist gewerbliche Großunternehmen, übernimmt die vollständigen Planungs- und Bauleistungen eines Bauobjekts üblicherweise zu einem Festpreis und einem Festtermin.

Generalübernehmer kaufen Dienstleistungen von Planungsbüros und Baubetriebe als "Handelsware" ein und verkaufen diese in einem Gesamtpaket für das komplette Bauobjekt zum Festpreis und Festtermin an den Auftraggeber. Im Gegensatz zu den General-/Totalunternehmern erbringen sie keine eigenen Planungs- oder Bauleistungen. Der Generalübernehmer agiert auf der Auftraggeberebene, er übernimmt auch alle Projektleitertaufgaben.

Mit der Beauftragung eines Totalunternehmers oder eines Generalübernehmers delegiert der Auftraggeber in der Regel alle Bauherrenaufgaben. Er beauftragt nicht die Dienstleistungen "Planen und Ausführen", sondern er kauft ein "Objekt" mit dem Unterschied zu sonstigen Konsumgütern, daß es erst noch realisiert werden muß. Ein Bestandteil des "Kaufvertrags" zwischen Auftraggeber und Unternehmer ist die Beschreibung des Objekts. In dieser Beschreibung kann und muß der Auftraggeber seine Zielsetzung in bezug auf die Nachhaltigkeit des Gebäudes festschreiben.

Für die Umsetzung seiner Vorstellungen über die Nachhaltigkeit des Bauprozesses selbst gelten dieselben Schlußfolgerungen wie im Kapitel 5.1.4, die Wahl des Unternehmers ist vorentscheidend.

### 5.1.6 Fazit

Gemäß dem Motto “Wer bezahlt, bestimmt” hat der Auftraggeber (innerhalb der gesetzlichen Rahmenbedingungen) den größten Einfluß auf die Umsetzung von Nachhaltigkeitsaspekten; er kann sie als oberster Entscheidungsträger von seinen Auftragnehmern einfordern. Je mehr Aufgaben er delegiert, desto weniger Einfluß kann er im laufenden Prozeß nehmen, desto wichtiger ist es, daß die Zielvorstellungen frühzeitig formuliert und vertraglich geregelt werden.

Diese Verlagerung der Definition von Zielvorstellungen an den Anfang des Projektes unterstreicht die Wichtigkeit der ersten Projektphasen, insbesondere der fundierten Bedarfsplanung (siehe auch Kapitel 5.6.1) und Erstellung eines Pflichtenhefts (siehe auch Kapitel 5.5.1). Ein weiterer Aspekt, der an dieser Stelle erwähnt werden sollte, ist die Möglichkeit, die Motivation für die Auftragnehmer zu steigern durch entsprechende Planungsmethoden (siehe auch Kapitel 5.4.2) und durch die Vorgabe, daß nach Abschluß der Erstellung des Gebäudes und während der Nutzungsphase die Einhaltung der Zielwerte kontrolliert wird.

Die einzelnen Auftragnehmer (Planer und Unternehmer) können über die Vorgaben des Auftraggebers hinaus ihre eigenen Erfahrungen und persönlichen Ziele auf dem Gebiet Nachhaltigkeit miteinbringen. Dabei ist zunächst unerheblich, in welchem vertraglichen Verhältnis die einzelnen Projektbeteiligten zueinander stehen. Entscheidend ist die Haltung der einzelnen Entscheidungsträger (auf jeder Hierarchie-Ebene) zu nachhaltigen Konzepten. Somit besteht auch ohne entsprechende vertragliche Regelung des Auftraggebers die Möglichkeit, jedoch keinesfalls die Sicherheit, daß die Belange ökologischer Nachhaltigkeit in der Planung und Realisierung berücksichtigt werden.

Damit kann folgende Hierarchie für Ziele ökologischer Nachhaltigkeit aufgezeigt werden:

1. gesetzliche Rahmenbedingungen, die eingehalten werden müssen,
2. vertragliche Festlegungen (Vorgaben des Auftraggebers),
3. persönliche Ziele der am Projekt Beteiligten.

## 5.2 Projektbeteiligte – Funktionen

Dieses Kapitel zeigt die verschiedenen Projektbeteiligten gemäß ihrer Funktionen im Planungsprozeß. Im einzelnen werden folgenden Akteure unterschieden:

- der Bauherr mit den Einzelfunktionen als Investor und/oder Betreiber und/oder Nutzer,
- der Architekt,
- der Fachplaner und der Fachspezialist,
- der Bauunternehmer und
- die Öffentlichkeit, vertreten durch Behörden, politische Gremien und die Nachbarn.

### 5.2.1 Bauherr – Investor/Betreiber/Nutzer

Als Bauherr wird in dieser Arbeit der Auftraggeber des Bauvorhabens gesehen, unabhängig davon, ob dieser das Gebäude später selbst betreibt und nutzt oder nicht.

Der Auftraggeber hat eine herausragende Rolle, sein Handlungsspielraum wird jedoch durch ökonomische Ziele, geltende Bauvorschriften und der meistens fehlenden Fachkompetenz eingeschränkt. Der Auftraggeber sollte den gesamten Planungsprozeß als Mitglied im Planungsteam selbst oder in Vertretung durch seinen Projektleiter/-steuerer (siehe Kapitel 5.1) begleiten und am Fortschritt orientiert klare Vorstellungen und Ideen entwickeln. Hierin muß er vom restlichen Planungsteam unterstützt werden.

#### Interessen

Die Interessen des Auftraggebers können deutlich variieren in Abhängigkeit von den Funktionen (Investor, Betreiber und Nutzer), die er einnimmt.

**Investor:** Das Interesse des Investors ist: kurzfristig bei geringsten Kosten den größtmöglichen Ertrag durch Verkauf oder Vermietung zu erzielen. A priori hat der Investor (ohne Berücksichtigung persönlicher Neigungen) damit kein Interesse an der Nachhaltigkeit des Gebäudes. Die Situation auf dem Immobilienmarkt als wichtiges Entscheidungskriterium kann dieses jedoch fördern, wenn eine entsprechende Nachfrage an “Ökologischen Gebäuden” besteht.

**Betreiber:** Das Interesse des Betreibers liegt im kostengünstigen Unterhalt und Betrieb des Gebäudes sowie in der Dauerhaftigkeit und einer hohen Verfügbarkeit. Als wichtigstes Kriterium ist die Ausführungsqualität insbesondere im Hinblick auf die technische Installation und die Alterung des Gebäudes zu nennen. Der Betreiber hat damit a priori kein Interesse an der Nachhaltigkeit des Herstellungsprozesses, sehr wohl aber an einzelnen Nachhaltigkeitsaspekten des Gebäudes während der Nutzungsphase. Insbesondere sind hier die hohe Dauerhaftigkeit der Bauwerksteile einschließlich der technischen Installationen und geringe Energieverbräuche zu nennen. Die von seiten der Bauökonomien geprägte Aussage “low tech  $\Rightarrow$  low cost” kann für die ökologische Nachhaltigkeit abgewandelt werden in “low tech  $\Rightarrow$  low mass flow”. Wenn man vereinfachend davon ausgeht, daß eine “Low-tech“- Ausstattung mit geringerem Wartungsaufwand einhergeht, kann daraus ein indirektes Interesse des Betreibers an einem geringeren stofflichen Durchsatz abgeleitet werden.

**Nutzer:** Das Interesse des Nutzers liegt in der optimalen Funktionalität bei geringen Kosten für Miete (inkl. Nebenkosten), Pacht oder ggf. auch Kauf. Damit sind die wichtigen Kriterien für ihn: Funktionalität, Ausführungsqualität und Ästhetik für den Zeitraum der Nutzung. Das Interesse des Nutzers an Nachhaltigkeit beschränkt sich auf die Nutzungsphase (Behaglichkeit, Energieverbrauch, Reinigungsaufwand etc.)

Wenn das Interesse des Betreibers und/oder Nutzers nur indirekt in den Planungsprozeß einfließt, führen strukturelle Eigengesetzmäßigkeiten des stellvertretenden Auftraggebers (Bauabteilungen großer Firmen, Baugesellschaften, Hochbauämter etc.) häufig zu Interessensdivergenzen innerhalb der Auftraggeber–Betreiber–Nutzer–Konstellation. Im Interesse der ökologischen Nachhaltigkeit von Gebäuden müssen deshalb der Betreiber und der Nutzer zumindest teilweise in den Planungsprozeß integriert werden (siehe auch Kapitel 5.4.2).

### Aufgaben

Nachstehend werden die Aufgaben der Bauherrschaft über die gesamten Projektphasen hinweg aufgeführt, einige dieser Aufgaben können delegiert werden.

- Definition der (ökologischen) Ziele des Bauobjekts und der Bedürfnisse, ggf. Entwicklung gemeinsam mit dem Planungsteam
- Eindeutige Beschreibung der Planungsaufgabe mittels Pflichtenheft
- Festlegung der Rahmenbedingungen in finanzieller und organisatorischer Hinsicht (Kostenrahmen, Terminplanung)
- Beschaffung der planerischen und juristischen Grundlagen
- frühzeitige und vollständige Klärung von Entscheidungswegen und Kompetenzen auf der Bauherrenseite (Projektleitung)
- Beauftragung der Planer und ausführenden Firmen unter Berücksichtigung ökologischer Kriterien
- Entscheidungen über vom Planungsteam erarbeitete Varianten treffen
- Ergebnisse jeder Projektphase kontrollieren und weiteres Vorgehen festlegen
- Übergeordnete Kontrolle über Termine, Finanzen und Qualität wahrnehmen
- Verwaltung der Gebäudedaten (Pläne, Beschreibungen etc.) während der gesamten Lebensdauer, insbesondere möglichst vollständige Weitergabe der Daten zwischen den Phasen Realisierung und Nutzung sowie Nutzung und Rückbau, da zwischen diesen Phasen üblicherweise keine Kontinuität im Planungsteam vorliegt (siehe auch Kapitel 5.8).
- Erfassung von Betriebsdaten (Energie- und Wasserverbräuche, eventuell Nutzerverhalten)
- Kontrolle, ob die Zielsetzungen zu Beginn des Projekts auch in der Nutzungsphase eingehalten werden können
- Werterhaltung langfristig planen und durchführen
- Leistungen der einzelnen Mitglieder im Planungsteam honorieren (in finanzieller Hinsicht und mit Anerkennung)

Falls der Bauherr nicht gleichzeitig der Benutzer und Betreiber ist, muß er diese informieren und deren Interessen durch direkte Beteiligung an der Planungsphase oder durch entsprechende Interessensvertretung in die Planung einfließen lassen.

Eine ausführliche Beschreibung über Planungsentscheidungen des Bauherrn findet sich bei KALUSCHE<sup>142</sup>, eine Zusammenstellung über die Bauherrenaufgaben und die Entlastungsmöglichkeiten durch verschiedene Projektmanagementmodelle in einer Publikation von CONGENA<sup>143</sup>.

---

<sup>142</sup>[KALUSCHE 98]

<sup>143</sup>[CONGENA 91]



### 5.2.2 Architekt

Zu den Berufsaufgaben des Architekten gehören laut Architektengesetz neben der koordinierenden Lenkung und Überwachung der Planung und Ausführung die Beratung, Betreuung und Vertretung des Auftraggebers in allen mit der Planung und Durchführung eines Vorhabens zusammenhängenden Fragen. Das heißt, der Architekt ist der Treuhänder seines Bauherrn – auch gegen öffentliche Interessen. GERKAN äußert sich (bereits 1982) hierzu:

Die Gesamtverantwortung des Architekten gebietet, daß er eine Notarrolle übernimmt, also zwischen den Interessen seines Auftraggebers und denen der Öffentlichkeit vermittelt. Das wird ihm seinen Stand gegenüber dem Bauherrn erschweren und die notwendige Loyalität belasten. Ich meine aber, daß der Anspruch des Architekten, Kronanwalt für unser Vitalgut "Umwelt" zu sein, nur dann glaubhaft aufrechterhalten werden kann, wenn jeder Architekt sich gleichrangig der Interessen unserer Gesellschaft wie derer seines Auftraggebers annimmt.<sup>144</sup>

Mit diesem Aufgabenpaket steht der Architekt automatisch im Mittelpunkt des Planungs- und Bauprozesses. Um so wichtiger ist seine Integrationsfähigkeit in das Planungsteam, er muß die Spezialisten z.B. für Bauökologie, Energie, Grünanlagenplanung etc. als gleichberechtigte und kompetente Partner akzeptieren und ihr Spezialwissen in "seine" Architektur mit einfließen lassen.

Zwar ließ sich die "künstlerische Oberleitung" nie genau spezifizieren, sie stellt aber genau die besonders wichtige Integrationsleistung dar, die dem Architekten die Kompetenz gibt, aus seiner persönlichen Verantwortung die Synthese der Teile zu einer übergeordneten Struktur des Gesamtwerks zu bringen.<sup>145</sup>

#### Interessen

Neben dem materiellen Interesse des Architekten liegt sein ideelles Interesse – und dies sollte höher eingestuft werden – darin, gute Architektur zu erzeugen und damit Anerkennung und Reputation zu erlangen. Eine architektonische Qualität im umfassenderen Sinn ist ohne Erfüllung der Anforderungen an Nachhaltigkeit nicht möglich. Andererseits ist die Erfüllung von Kriterien der Nachhaltigkeit notwendig aber nicht ausreichend für die Gesamtqualität eines Gebäudes.

#### Aufgaben

- Ansprechpartner für den Bauherrn
- Umsetzung der ökologischen Vorgaben des Auftraggebers in Entwurf, Gestaltung und Planung des Objektes
- Koordination der einzelnen Planungsleistungen

### 5.2.3 Fachplaner/Fachspezialisten

Bei den Fachplanern muß man unterscheiden zwischen Fachingenieuren im klassischen Sinne und Fachspezialisten beispielsweise im Sozial- und Umweltbereich.

Zu den Fachingenieuren zählen der Bauingenieur (Tragwerksplaner, Statiker), die HLS-Ingenieure (Heizung, Lüftung, Sanitär), der Klimaingenieur und der Elektroplaner.

#### Interessen

Das Interesse der Fachplaner liegt in der Integration ihrer spezifischen Gebäudeaspekte (Sicherheit, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Bedienbarkeit der technischen Anlagen) in das Gebäudekonzept. Damit tragen sie zu einem Teil der architektonischen Gesamtqualität, der Funktionalität, des Gebäudes bei.

<sup>144</sup>[GERKAN 82], S.187

<sup>145</sup>[GERKAN 82], S.188

**Aufgaben**

- Beteiligung an der Entwicklung von Konzepten in den ersten Phasen
- Planungsleistungen gemäß Fachbereich

Fachspezialisten können aus den Bereichen Energie- und Betriebsmanagement, Ökologie aber auch Soziologie, Medizin und Psychologie als Berater hinzugezogen werden.

**Interessen**

Integration der fachspezifischen Ziele im Planungsprozeß (z.B. geringer Energiebedarf, geringe Umweltbelastung, soziale Verträglichkeit etc.).

**Aufgaben**

- Entwicklung von Konzepten (Energie-, Material- Wasser-, Reinigungs-, Entsorgungs-, Betriebsoptimierungskonzepte etc.)
- Beratende Begleitung möglichst während des gesamten Planungsprozesses

**5.2.4 Bauunternehmer****Interessen**

Der Bauunternehmer wird versuchen, mit geringstem Aufwand an Material und Arbeitsleistung größtmöglichen Ertrag zu erzeugen. Die Qualität der Leistung (Beurteilung nach technischen und handwerklichen Gesichtspunkten) und Zuverlässigkeit (Einhaltung von Terminen) sind für die Reputation des Unternehmens relevant. Darüber hinaus hat der Bauunternehmer a priori kein Interesse an einer Nachhaltigen Entwicklung des Baugeschehens. Die Forderung nach möglichst langen Lebensdauern von Gebäuden und Nutzung der bestehenden Gebäude-Ressourcen führt im Gegenteil zwangsläufig zu einer Reduktion des Neubau-Volumens und damit zu einer Verschlechterung der Auftragslage für Bauunternehmen. Im wesentlichen hat der Unternehmer folgende Möglichkeiten, auf diese Entwicklung zu reagieren:

1. Er verlegt seine Haupttätigkeiten auf den Bereich der Werterhaltung (Sanierungen, Instandsetzungen etc.).
2. Er verfolgt auf Nachhaltigkeit abgestimmte Konzepte wie die Wiederverwendung von Bauteilen und Baustoffen und erschließt damit einen (noch) neuen Markt innerhalb des Bauwesens.
3. Er erlangt eine besondere Reputation z.B. durch Zertifizierungen gemäß Ökoaudit (siehe Kapitel 2.2.2) und erreicht damit Wettbewerbsvorteile.

**Aufgaben**

- Termingerechte und qualitativ hochwertige Ausführung der beauftragten Leistungen
- Berücksichtigung der ideellen Vorgaben (z.B. Recycling von Reststoffen, Baustelleneinrichtung, Vermeidung von Lärm und anderen Belastungen der direkten Umwelt)

**5.2.5 Öffentlichkeit**

Die Öffentlichkeit ist in mehrfacher Hinsicht an Baumaßnahmen beteiligt. Zum einen als genehmigende und kontrollierende Instanz, zum anderen aber auch aus stadtplanerischen bzw. stadtgestalterischen sowie nachbarlichen Interessen.

## Behörden

Neben den genehmigenden Behörden, die eine Sorgfaltspflicht auch für Belange des Umweltschutzes haben, sind noch zu nennen: Bauaufsicht, Baupolizei, Baukommissionen, Planungsausschüsse etc.

Behörden können nur im Rahmen der gesetzlichen Vorschriften und Leitfäden genehmigen, überwachen und ggf. intervenieren (zu gesetzlichen Grundlagen siehe auch Kapitel 5.6.1). Im Hinblick auf Nachhaltigkeit kommt deshalb der Aufklärungsarbeit vor dem eigentlichen Planungsprozess eine besondere Bedeutung zu. Es gibt einige Publikationen von dem Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau<sup>146</sup>, vom Umweltbundesamt<sup>147</sup> und einigen Landesministerien/Institute<sup>148</sup> oder kommunalen Ämtern<sup>149</sup>, die diesem Zweck dienen.

Eine weiteres Mittel zur Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung im Bauwesen besteht in der Möglichkeit, bestimmte Maßnahmen finanziell zu fördern. Etwa jede zweite Stadt über 100 000 Einwohnern bietet Handlungsinstrumente für ökologisch orientierte Maßnahmen, bei den Bundesländern wurden ebenfalls Förderprogramme für eine umweltorientierte Energiepolitik aufgelegt.<sup>150</sup>

## Parteien und sonstige politische Gremien

Hier sind insbesondere Bürgerinitiativen und die Umweltschutzverbände zu nennen.

Diese können zum einen durch Information eine nachhaltige Entwicklung unterstützen und zum anderen (was leider wesentlich häufiger vorkommt) Entwicklungen, die die Umwelt belasten, mit Rechtsmitteln oder vor allem mittels öffentlichem Druck (Demonstrationen) verhindern.

## Nachbarn

Die Nachbarn sind meistens Belastungen in Form von Lärm, Geruchsbelästigungen, Einschränkungen der Bewegungsfreiheit etc. durch Baumaßnahmen ausgesetzt. Gemäß dem Motto "Wo gehobelt wird, fallen Späne" lassen sich diese Belastungen nicht vermeiden, durch entsprechende Vorkehrungen können sie jedoch reduziert werden. Eine frühzeitige und ausführliche Information der Nachbarn über die ökologischen Ziele und Maßnahmen trägt zu einem besseren Verständnis und damit auch zu einer höheren Toleranzgrenze bei.

### 5.2.6 Fazit

Jeder der an einem Bauprojekt Beteiligten hat in Abhängigkeit seiner Funktion und Kompetenzen eine eigene Sicht auf das Projekt. Je nach persönlichem Interesse an Belangen der Nachhaltigkeit ist diese Sicht mehr oder weniger stark von diesen Belangen geprägt. Es gibt im Planungsprozess einige Beteiligte, die aufgrund ihrer fachlichen Kompetenz prädestiniert sind, ihre Sicht zumindest auf Teilbereiche (z.B. Energie, Abfallvermeidung) des nachhaltigen Planens auszurichten.

Im Interesse einer nachhaltigen Entwicklung im Bauwesen ist es notwendig, daß alle Beteiligten in ihren Sichten Aspekte der Nachhaltigkeit berücksichtigen. In diesem Zusammenhang wird hier nochmals auf die Integrale Planung (Kapitel 5.4.2) verwiesen, zu deren Grundprinzipien die gemeinsame Erarbeitung von Projektzielen und die damit verbundene Angleichung der Wissensstände der Projektbeteiligten auf ein einheitliches Niveau gehört.

<sup>146</sup>[BMBau 89a], [BMBau 89b], [BMBau 97]

<sup>147</sup>[UBA 82], [UBA 88], [UBA 91], [UBA 92], [UBA 97]

<sup>148</sup>[MUF RP 95], [MNUL SH 93], [LBB NRW 94]

<sup>149</sup>[HANNOVER 93]

<sup>150</sup>Eine Übersicht über diese Förderprogramme findet sich in [UBA 97].

### 5.3 Projektbeteiligte – Rollen innerhalb des Projektmanagements

Die Projektbeteiligten können unterschiedliche Rollen innerhalb des Projektmanagements einnehmen. Der Bauherr kann beispielsweise alle Aufgaben auf der Bauherrenseite übernehmen oder einzelne Aufgaben (Projektsteuerung, Projektleitung) an andere delegieren. Der Architekt kann den Part des Projektsteuerers oder des Generalplaners zusätzlich übernehmen. Der Unternehmer kann einfacher Auftragnehmer einer bestimmten Bauleistung sein, oder er kann als Generalunternehmer oder mit einer eigenen Planungsabteilung als Totalunternehmer oder als Generalübernehmer auftreten. In den folgenden Unterkapiteln werden die aus diesen Konstellationen folgenden Konsequenzen für das Projekt aufgezeigt.

#### 5.3.1 Bauherr als interner Projektsteuerer und/oder Projektleiter

Der Vorteil, wenn der Auftraggeber mit seiner Bau- und/oder Organisationsabteilung alle Bauherrenaufgaben selbst übernimmt, liegt darin, daß die Risiken und die Verantwortung an der Stelle sind, wo sie letztendlich getragen werden müssen. Gleichzeitig ist diese Variante diejenige, bei der der Auftraggeber den größten Einfluß auf das Resultat hat, verbunden mit dem größten persönlichen Einsatz. Voraussetzung dafür ist jedoch, daß die Kapazitäten und das Know-how innerhalb der Organisation des Bauherrn vorhanden sind.

#### 5.3.2 Externer Projektsteuerer oder Projektleiter

Mit einem externen Projektsteuerer wird ein Werkvertrag gemäß HOAI zur Überwachung und Steuerung aller anderen Projektbeteiligten vereinbart.

Sinnvoll kann der Einsatz eines externen Projektsteuerers in der strategischen Phase vor Beauftragung des Architekten zur Bedarfsermittlung sein. Während der späteren Projektphasen ist sein Wirkungsbereich vor allem die Überwachung der Zielvorgaben und Termine. Um diese Ziele zu erreichen, wird er Druck auf die anderen Projektbeteiligten ausüben müssen. Dies betrifft auch den Auftraggeber, der unter Entscheidungsdruck gesetzt wird.

Für den externen Projektleiter gelten im wesentlichen die gleichen Anmerkungen. Die Unterschiede liegen in einer anderen vertraglichen Regelung (die HOAI kennt den Begriff des Projektleiters nicht) mit weitergehenden Kompetenzen und Verantwortungen. Diese führen zu einer weitergehenden Entlastung des Bauherrn bei gleichzeitiger Einschränkung seines Einflusses auf die Projektentwicklung.

Der Projektsteuerer/Projektleiter wird üblicherweise vor allem an der Einhaltung von Kosten und Terminen gemessen, die Qualitätssicherung steht nicht selten im Konflikt hierzu. Wie bereits in Kapitel 5.1.1 ausgeführt, müssen bei der Beauftragung eines externen Projektsteuerers oder Projektleiters die ökologischen Zielvorstellungen des Auftraggebers vertraglich im Leistungsbild des Projektsteuerers oder Projektleiters verankert werden.

#### 5.3.3 Bauherrn-Projektmanagement

Eine Zwischenform zwischen externen Projektsteuerern/Projektleitern und dem Bauherrn als Projektsteuerer/Projektleiter stellt das Congena-Model des Bauherrn-Projektmanagements dar.

Der Bauherr gewinnt für sein aus internen Mitarbeitern gebildetes Projektteam einen erfahrenen externen Berater als Projektgruppenleiter auf einer Dienstvertragebene mit einer Vergütung nach Aufwand.<sup>151</sup>

---

<sup>151</sup>[CONGENA 91], S.43

Der wesentliche Unterschied hierbei liegt darin, daß dieser externe Berater vor Ort, d.h. in der Organisation des Bauherrn arbeitet, d.h. seine Projekterfahrung und methodisches Know-how einbringt und gleichzeitig die Führungsverantwortung übernimmt. Die Entscheidungsgewalt bleibt beim Bauherrn.

#### 5.3.4 Architekt und Projektsteuerer in Personalunion

Auch der Einsatz des Architekten als Projektsteuerer ist möglich. Mit dieser Doppelrolle sind jedoch Interessenskonflikte vorprogrammiert. Während der Projektsteuerer-Part seine Prioritäten an den Interessen des Bauherrn ausrichten muß, verfolgt der Architekten-Part eigene Interessen, die im Widerspruch zu denen des Bauherrn stehen können. Für die Projektkosten ist dieser Widerspruch offensichtlich, da die Leistungen des Architekten gemäß HOAI nach der Höhe der Projektkosten vergütet werden. Unter dem Aspekt des nachhaltigen Planens kann diese Situation noch verschärft werden, da die Einsparung von technischen Installationen (z.B. Klimaanlage) durchaus nachhaltig sein kann, aber mehr Planungsaufwand und geringere Baukosten mit sich bringt. Mehr Planungsaufwand muß ebenfalls investiert werden, wenn Überlegungen über das Alterungsverhalten von Gebäuden und Bauteilen angestellt werden und dazu führen, die Konstruktionen so auszuführen, daß die einzelnen Materialien am Ende ihrer Lebensdauer getrennt demontiert und entsorgt werden können.

Aus Sicht des Bauherrn ist der Architekt der Hauptansprechpartner für planerische Belange. Wenn der Architekt nun in seiner Funktion als Projektsteuerer gleichzeitig der alleinige Berichterstatter des Bauherrn ist, kann dadurch der Dialog zwischen den beiden massiv beeinträchtigt werden.

## 5.4 Planungsmethode

Die Planung eines Gebäudes ist ein komplizierter Prozeß. Zum einen, weil verschiedene Planungsebenen durchlaufen werden müssen. Dies geht von der Gestaltung von Flächennutzungsplänen über Bebauungspläne zu Entwürfen einzelner Objekte und schließlich zu deren Ausführung. Zum anderen, weil viele Akteure mit ganz unterschiedlichen Interessen, Kompetenzen und Entscheidungsbefugnissen daran beteiligt sind. Im Verlauf der oben angesprochenen Planungsebenen sind Politiker, Stadtentwickler, Geldgeber, Bauherren, Architekten, Fachingenieure, die Produzenten von Baumaterialien, Unternehmer, spätere Nutzer, Nachbarn (siehe auch Kapitel 5.2) etc. betroffen. Jeder dieser Betroffenen hat ebenfalls eine eigene Vorstellung davon, wie der Aspekt der nachhaltigen Entwicklung im konkreten Beispiel integriert werden kann und soll.

In diesem Kapitel wird zunächst die seit Generationen etablierte Planungsmethode der "Seriellen Planung" erläutert, der zweite Teil beschäftigt sich vergleichend hierzu mit einem neueren Ansatz, der Integralen Planung.

### 5.4.1 Serielle Planung/Einzel- oder Gruppenarbeit

Der Planungsprozeß ist auch heute noch in den meisten Fällen ein serieller Vorgang. Der Bauherr vermittelt seine Bedürfnisse und Wünsche an das zu erstellende Gebäude, der Architekt setzt diese nach architektonischen und betrieblichen Gesichtspunkten in einen Entwurf um. Erst wenn der Baukörper bereits in seiner Funktionalität, Orientierung und Gestalt festgelegt ist, werden die Fachingenieure hinzugezogen, indem einzelne Aufgaben delegiert werden. In aller Regel zuerst der Tragwerksingenieur und Statiker, da die Anforderungen an die Standsicherheit des Gebäudes massiven Einfluß auf die Materialwahl und Dimensionierung haben können. Mit den Vorgaben aus architektonischer Gestaltung und Standsicherheit planen schließlich die HLS-Ingenieure ihre Installationen. Die Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Ingenieuren und dem Architekten beschränkt sich auf die Vermeidung räumlicher Kollisionen und die Lösung einiger weniger Schnittstellen. Dabei ist jeweils der Architekt der Ansprechpartner für die Ingenieure. Er muß sicherstellen, daß keine durch einen Fachingenieur veranlaßte Maßnahme mit den Planungen der anderen in Konflikt gerät. Dieses "nacheinander" am Projekt Arbeiten führt zu mühsamen Einigungsprozessen und behindert Optimierungen. Die Umsetzung von innovativen Energie- und Ökologiekonzepten wird durch die serielle Planung der Gewerke erschwert oder sogar verhindert, da die Fachingenieure "kaum mehr ihr Wissen über Energieökonomie, Systemwahl, Einfluss auf die Fassadenkonstruktion, auf den Energieverbrauch usw. frühzeitig genug zur Geltung bringen, um bei der Gesamtoptimierung des Baues etwas beitragen zu können."<sup>152</sup>

Neben der beschriebenen Einzelarbeit mit delegierten Aufgaben, wird zunehmend die Gruppenarbeit etabliert. Gruppenarbeit in diesem Sinne zeichnet sich durch regelmäßige Absprachen und Definitionen der Schnittstellen zwischen den einzelnen Fachplanern untereinander und mit dem Architekten auf sogenannten Baukoordinations-Sitzungen aus. Gegenüber der Einzelarbeit kann diese Form der Gruppenarbeit bereits als Fortschritt betrachtet werden, da die Koordination zwischen den einzelnen Planungen besser ist.

### 5.4.2 Integrale Planung/Teamorientiertes Planen

Einen Schritt weiter geht die Integrale Planung mit ihrer Forderung nach einer interdisziplinären Zusammenarbeit, in der frühzeitig und beständig Spezialisten in den Planungsprozeß integriert werden. Dadurch werden bereits in den ersten Planungsphasen alle Aspekte von der Umwelt über

<sup>152</sup>[BfK 86], S.2

die Gestaltung, die Statik, die Bauphysik, die Haustechnik und betriebliche und funktionelle Anforderungen, aber auch soziologische und ökonomische Belange berücksichtigt.

Diese simultane Zusammenarbeit verschiedener Fachkompetenzen kann nur in einem teamorientierten Planungswesen realisiert werden. Das Team muß vom Bauherrn oder einer damit beauftragten Person (häufig ist dies der Architekt) noch vor dem eigentlichen Planungsbeginn zusammengestellt werden. Im Verlauf des Projektes wird die Zusammenstellung des Teams den konkreten Aufgaben im Planungsprozeß angepaßt, indem temporär zusätzliche Spezialisten hinzugezogen werden. Eine Besonderheit des Teamorientierten Planens liegt darin, daß zu Beginn eine gemeinsame Entwicklung der Zielsetzungen für das Projekt erfolgt. Damit wird die Planungsaufgabe zu einem Projekt des Teams, an dessen Gelingen jedes Teammitglied ein Interesse hat. Im Gegensatz zur konventionellen Vorgehensweise werden in der Integralen Planung auch die Unternehmer frühzeitig in den Planungsprozeß miteinbezogen, um zum einen eine Sensibilisierung für die Zielsetzungen und zum anderen einen möglichst guten Informationsfluß zwischen Planer und Ausführenden zu erreichen.

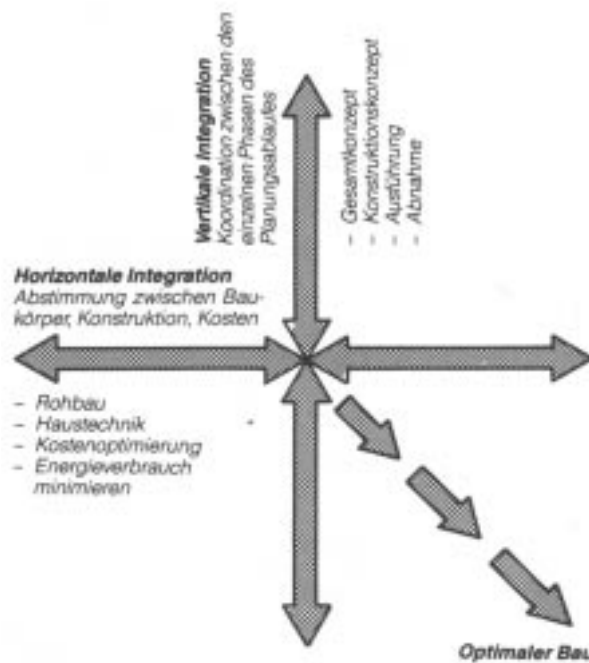


Abbildung 26: Horizontale und vertikale Integration

Nach Abbildung 26<sup>153</sup> läßt sich die Integration durch das Team in zwei Richtungen charakterisieren:

- **Horizontale Integration**  
Abstimmung zwischen möglichen Baukörpern und der Baukonstruktion, sowie Abstimmung des Baukörpers mit den verschiedenen Sparten der Haustechnik und von den letzteren unter sich. Koordination zwischen den einzelnen Teilen des Baues sowie zwischen den einzelnen Gebieten der Haustechnik.
- **Vertikale Integration**  
Koordination zwischen den einzelnen Phasen des Planungsablaufes in den Bereichen: Gesamtkonzept, Konstruktionskonzept, Energiekonzept, Konzept(e) der Haustechnik, Ausführungsfragen und Betriebskonzept.

<sup>153</sup>[BfK 86], Abb. 5

Es gibt eine Reihe von Voraussetzungen dafür, daß Teamarbeit erfolgreich sein kann. Die Größe und Zusammensetzung des Teams spielt genauso eine Rolle wie der Sitzungsrythmus und der Umgang mit Konfliktsituationen. Darüber hinaus gibt es spezielle Methoden, die die Kommunikation im Team fördern. Diese Themen sind in zahlreichen Publikationen über Gruppendynamik und Kommunikation etc. abgehandelt. Eine umfassende, auf die Situation im Planungswesen abgestimmte Übersicht findet sich in einer Publikation des schweizerischen Bundesamtes für Konjunkturfragen<sup>154</sup> und bei WIEGAND<sup>155</sup>.

Ein weiterer Aspekt der integralen Planung ist die konsequente Nutzung der verfügbaren Planungsinstrumente (siehe auch Kapitel 5.5) und die Integration möglichst vieler Planungshilfsmittel (siehe auch Kapitel 5.7) zur ständigen Optimierung des Gebäudeentwurfs während der Planungsphase.

Die integrale Planung ist nicht nur auf die eigentliche Phase der Planung des Objekts beschränkt, die Bedarfsermittlung in der Projektphase der Strategischen Planung (siehe auch Kapitel 5.8) sollte ebenso Bestandteil einer integralen Planung sein wie die Kontrolle, ob die gesetzten Ziele bei der Übergabe des Gebäudes an den Bauherrn und in der anschließenden Nutzungsphase erreicht worden sind.

### 5.4.3 Fazit

Die Erfüllung der Anforderungen der Nachhaltigkeit in einem umfassenden Sinn kann nur durch eine integrale Planungsmethode erreicht werden. Die Energie- und Ökologiekonzepte müssen simultan mit dem architektonischen Entwurf entwickelt werden, um Einfluß auf diesen nehmen zu können. Dazu bedarf es eines Planungsteams mit entsprechenden Spezialisten und der intensiven Abstimmung mit dem späteren Betreiber und Nutzer des Gebäudes. Zusätzliche Bedeutung erlangt die gemeinsame Festlegung der Anforderungen an die Nachhaltigkeit im Planungsteam und die ständige Überprüfung der Einhaltung dieser Anforderungen. In diesem Zusammenhang haben die im folgenden Kapitel 5.5 beschriebenen Planungsinstrumente große Bedeutung.

---

<sup>154</sup>[BfK 96]

<sup>155</sup>[WIEGAND 95]



## 5.5 Planungsinstrumente

Aufgrund der komplexen Aufgaben und der Beteiligung vieler Fachleute mit unterschiedlichen Kenntnissen und Interessen ist es in der integralen Planung besonders wichtig, den Planungsprozeß zu strukturieren. Im folgenden werden Planungsinstrumente vorgestellt, die ein einheitliches Planungsniveau für alle Beteiligten unterstützen und die Schnittstellen transparent machen sollen.

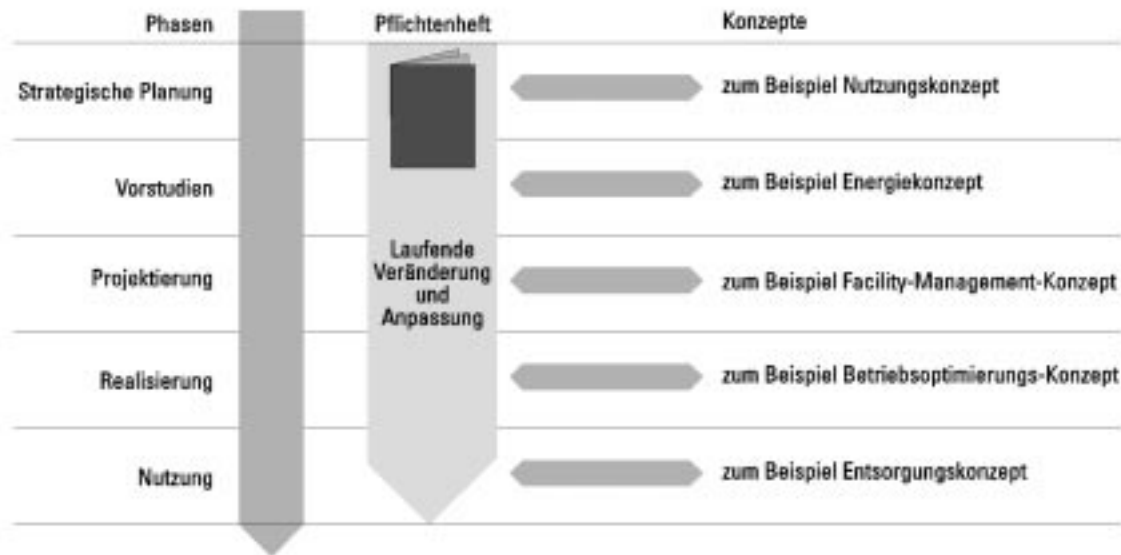


Abbildung 27: Wechselwirkungen im Projektverlauf zwischen Pflichtenheft und Konzepten

### 5.5.1 Pflichtenheft

Das Pflichtenheft wird in der Integralen Planung als das zentrale Hilfsmittel für das Planungsteam betrachtet (Abbildung 27<sup>156</sup>). In ihm werden die wichtigsten Vorgaben, Randbedingungen und Zielvorstellungen für das Bauprojekt formuliert.

Das Pflichtenheft wird vom gesamten Planungsteam erarbeitet – nur so kann der integrale Ansatz dieser Planungsmethode auch in die Realität umgesetzt werden. Jeder im Team muß die Möglichkeit haben, seine Vorstellungen mit einbringen zu können, dies führt zu einer persönlichen Identifikation mit dem Projekt und erhöht damit die Motivation.

Es wird empfohlen, mit der Bearbeitung des Pflichtenhefts einen Moderator zu beauftragen.

“Empfehlenswert ist im übrigen der Zuzug eines erfahrenen Moderators bzw. einer Moderatorin. Diese Person wird nicht nur als Katalysator bei den oft harten Diskussionen wirken, sie wird auch die nötige Ruhe und Konstanz ins Projekt bringen; in der Regel schreibt sie auch das Pflichtenheft.”<sup>157</sup>

Das Pflichtenheft muß ständig fortgeführt werden, d.h. es muß an den jeweils aktuellen Planungsstand angepaßt werden. Die Zielvorgaben müssen dabei ständig überprüft werden, Abweichungen davon können so frühzeitig erkannt und korrigiert werden. Gegebenenfalls müssen auch die Zielvorgaben nochmals überdacht und geändert werden.

<sup>156</sup>[RAVEL 96], Abb. 3-1

<sup>157</sup>[RAVEL 96], S.90

Zum Inhalt eines Pflichtenhefts gehören folgende Punkte:

- Darstellung der Ausgangssituation  
Hierunter werden sowohl Projektgrundlagen wie Flächen, Nutzungen, standortbedingte, raumplanerische und rechtliche Randbedingungen als auch allgemeine Zielsetzungen des Bauherrn und Organisationsstrukturen im Projekt verstanden.
- Formulierung der Vorgaben  
Neben den allgemeinen Vorgaben (Energie/Ökologie, Unternehmensleitbilder etc.) werden Vorgaben für den Betreiber/Benutzer, für den Architekten, den Bauingenieur, die Fachplaner für HLS und Klima und die anderen beteiligten Spezialisten festgelegt.
- Maßnahmen zur Qualitätssicherung  
Im Rahmen des Qualitätsmanagements werden Qualitätsziele und die Anforderungen des Auftraggebers an das Qualitätsmanagement mit entsprechenden Schwerpunkten festgelegt.
- Auflistung der Hilfsmittel, die zur Anwendung kommen sollen  
Die Auswahl der Hilfsmittel umfaßt z.B. allgemein anerkannte Berechnungsmethoden und Ziel- und Kennwerte.

Zielsetzungen im Hinblick auf nachhaltiges Planen und die Festlegung, nach welchen Bewertungsverfahren die Einhaltung dieser Ziele kontrolliert werden sollen, sollten Bestandteil des Pflichtenhefts sein.

### Beispiel

Die Schweizerische Bankgesellschaft (SBG) hat in Lugano ein Verwaltungsgebäude errichtet, das unter dem Namen "Suglio" Pilotcharakter als Energiemusterhaus für die zukünftige Bautätigkeit der SBG haben sollte. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde vor Beginn der Planungsphasen ein detailliertes Pflichtenheft durch ein Team aus Energie- und Ökologie-Fachleuten erstellt.

"Diesem Pflichtenheft liegen folgende Zielsetzungen der SBG zu Grunde (Auszug):

- Minimaler Energieverbrauch für das Gesamtgebäude
- Möglichst rationelle Verwendung der Elektrizität
- Einsatz von neuen Technologien, Systemen und Komponenten
- Realisieren von einfachen, überblickbaren Konzepten."<sup>158</sup>

Das Pflichtenheft schreibt für die Realisierung konkrete Forderungen vor. So dürfen beispielsweise keine Kältemaschinen eingesetzt werden und Lüftungsanlagen müssen modular auf- und abbaubar sein. Gleichzeitig werden allerdings durch die SBG auch die Planungsgrundlagen z.B. in Form von raumbezogenen Gerätelasten sehr detailliert formuliert.

---

<sup>158</sup>[CHUARD 94], S.2

### 5.5.2 Konzepte

In den Konzepten sollen Lösungswege erarbeitet werden, wie die im Pflichtenheft festgelegten Ziele verwirklicht werden können – sie stellen demnach eine Konkretisierung der Zielvorstellungen dar. Je nach Ergebnis der Konzepte kann es nötig werden, die Zielvorstellungen zu korrigieren. In diesem Fall findet eine Rückwirkung auf das Pflichtenheft statt.

Konzepte können in Abhängigkeit von dem Fachgebiet, dem sie angehören, unterschiedliche Aufbauten und Inhalte aufweisen. Besonders prädestiniert für den teamorientierten Planungsprozess sind fachübergreifende Konzepte wie Nutzungskonzepte, Energie- und Gebäudetechnikkonzepte in den frühen Planungsphasen, aber auch Konzepte der Betriebsführung für die späteren Planungsphasen und schließlich das Rückbaukonzept für die Rückbauphase.

Innerhalb eines Konzeptes können Spezialkonzepte für Fragen aus klar abgegrenzten Randgebieten separat bearbeitet werden.

Aufgrund des fachübergreifenden Charakters werden Konzepte sinnvollerweise von den Fachplanern im Team bearbeitet.

#### Beispiele

**Umweltkonzept:** Im Rahmen des Umweltkonzepts werden die Umweltverträglichkeit des Gebäudes untersucht und Maßgaben für die ökologische Zielsetzungen und die Beurteilung des Gebäudes gesetzt. Das Umweltkonzept muß als Teil der Qualitätssicherung verstanden werden.

**Gebäudekonzept:** Das Gebäudekonzept umfaßt neben dem räumlichen Konzept die Wahl des Tragsystems, die Ausbildung der Gebäudehülle sowie die Wahl der Ausbaukonstruktionen und -materialien.

**Energie- und Gebäudetechnikkonzept:** Die Analyse der baulichen Voraussetzungen, Energiebilanzen und die Ermittlung des Energiebedarfs sind die grundlegenden Aufgaben des Energie- und Gebäudetechnikkonzepts. Darauf basierend erfolgt die Bestimmung der Energieträger und die Systemwahl für die raumklimatischen Anlagen (Lüftung, Heizung, Kühlung), für die Beleuchtung und sonstige technische Anlagen auf der Grundlage von entsprechenden Anlagenkonzepten. Investitions- und Betriebskosten können ebenfalls Bestandteil dieses Konzeptes sein. Eine ausführliche Beschreibung des Energie- und Gebäudetechnikkonzepts inkl. standardisiertem Aufbau findet sich in einer RAVEL-Publikation<sup>159</sup>.

**Betriebsführungskonzept:** Das Betriebsführungskonzept umfaßt den baulichen Unterhalt eines Gebäudes, Umbauten, Umorganisationen innerhalb des Gebäudes durch Umnutzungen oder Umzüge sowie die Verwaltung des Gebäudes und das Management von Energie und Betriebskosten. Es werden Zielsetzungen für die Betriebsführung vereinbart, Abläufe und Aufbauorganisationen sowie Realisierungspläne für die Umsetzung dieser Vorgaben in die Planung erstellt und überwacht. (Weitere Informationen zum Betriebsführungskonzept siehe ebenfalls RAVEL-Publikation<sup>160</sup> )

**Nutzungskonzept:** In einem Nutzungskonzept können alle für die Nutzung des Gebäudes relevanten Aspekte aufgegriffen werden, die außerhalb der Betriebsführung angesiedelt sind (Verkehrskonzept, Nutzerinformation, Reinigung und Entsorgung)

**Rückbaukonzept:** Das Rückbaukonzept dient der Organisation des Rückbaus und der Berücksichtigung notwendiger Anforderungen für einen geordneten Rückbau in den frühen Planungsphasen.

---

<sup>159</sup>[RAVEL 96]

<sup>160</sup>[RAVEL 96]

### 5.5.3 Detailstudien

Eine weitere Präzisierung für die Umsetzung der Planungsziele in konkrete Bauaufgaben stellen Detailstudien dar. Detailstudien beschreiben die Lösung des Problems, ermitteln Größen für die Dimensionierung und geben konkrete Vorgaben für die Ausführung. Die Ergebnisse der Detailstudien können ebenfalls Rückwirkungen auf die Konzepte haben.

Es gibt keinen verbindlichen Aufbau von Detailstudien, ihre Struktur ist abhängig vom Fachgebiet und der jeweiligen Aufgabenstellung. Detailstudien werden entweder von Fachspezialisten im Team bearbeitet oder als eigenständiger Auftrag nach außen vergeben.

Für die Abgrenzung zwischen Planungskonzepten und Detailstudien gibt es keine verbindlichen Festlegungen. Im allgemeinen Sprachgebrauch werden Dokumente als Konzepte bezeichnet, obwohl sie mehr dem Charakter von Detailstudien entsprechen.

### Beispiele

Es gibt eine Reihe von Detailstudien:

- für den Bereich Ökologie (Umweltkonzept)
  - Ökologisches Unternehmensleitbild
  - Stoff- und Energiebilanzen (als Grundlage für die ökologische Beurteilung)
  - spezielle Ausschreibungsbedingungen
- für den Bereich Bau und Umgebung (Gebäudekonzept)
  - Tragwerkskonzept (Tragsystem, Stützenabstände, Materialeinsatz)
  - Fassadenkonzept und Bauphysikkonzept (Wärme- und Schallschutz, Tageslichtnutzung, Lüftung, Materialien)
  - Ausbaukonzept (Materialien, Befestigung)
  - Umgebungskonzept (Geländemodellierung, Bepflanzung)
- für den Bereich Energie- und Gebäudetechnik
  - Simulationen (Thermisches Verhalten, Tageslicht)
  - Bedarfsabklärung für Klimatisierung und künstliche Belüftung
  - Energie- und Wasserbilanz (Bedarf an Wärme, Elektrizität und Wasser)
  - die Auslegung der technischen Systeme
  - Konzepte für den Einsatz alternativer Energien (Photovoltaik, Erdwärmetauscher)
  - Wasserkonzept (Regenwasser- und Grauwassernutzung)
  - Meßkonzept (Festlegen von Meßstellen zur späteren Überwachung)
  - Anlagendokumentation (Schemata und Betriebsanleitungen)
- für den Bereich Betriebsführung
  - Dokumentation für den Betrieb (Zusammenfassung aller für den Betrieb relevanter Planungsdokumente)
  - Betriebsoptimierungskonzept (Datenerfassung und Optimierung im Betrieb)
  - die Ermittlung von Vergleichswerten anderer Gebäuden
  - Ermittlung von Kennwerten für zukünftige Gebäude
  - Energiemanagementkonzept bzw. Facility-Managementkonzept

- für den Bereich Nutzung
  - Verkehrskonzept (Erschließung mit öffentlichem und Individualverkehr, Parkplätze)
  - Reinigungskonzept (Lage und Ausstattung der Putzräume, Art der Bodenbeläge, Reinigungsintervalle, -geräte und -mittel)
  - Ver- und Entsorgungskonzept (Flächen für Ver- und Entsorgung, Analyse des gesamten Stoffstroms der Verbrauchsmaterialien)
  - Benutzeranweisungen und Informationen

#### 5.5.4 Fazit

Die Festschreibung von ökologischen Zielsetzungen und Maßnahmen zur Überprüfung in einem Pflichtenheft (vor den eigentlichen Planungsphasen) ist aufgrund der Komplexität des Planungsprozesses Voraussetzung für die Planung unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit. Dieses Vorgehen beeinflusst den Planungsablauf entscheidend, wie die Erfahrungen mit „Suglio“ zeigen. Als wesentliche Erfahrungen können abgeleitet werden:

- Es besteht die Notwendigkeit einer intensiven Beschäftigung des Bauherrn mit den Vorgaben, die er dem Planungsteam macht.
- Der Einfluß der späteren Nutzer (wenn passive Elemente technische Lösungen ersetzen) auf das Ergebnis ist beträchtlich und macht eine besondere Berücksichtigung dieser Nutzer (Informationskonzepte) erforderlich.
- Die Vorgabe einer von der üblichen Planung abweichenden Planungsstrategie durch den Auftraggeber löst Vorbehalte bei den Planern aus. Daraus folgt die Notwendigkeit einer sorgfältigen Vorbereitung der Teamarbeit.
- Das Erreichen von ökologischen Zielsetzungen kann zu einem Planungsmehraufwand führen bei gleichzeitiger Reduktion des Investitionsvolumens. Da dieses jedoch üblicherweise die Grundlage für die Berechnung des Planerhonorars ist, muß dieser Konflikt durch entsprechende Zusatzvereinbarungen gelöst werden.

## 5.6 Planungsgrundlagen

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über Planungsgrundlagen, die einen Bezug zum nachhaltigen Planen und Bauen aufweisen. Dabei sind folgende Kategorien von Planungsgrundlagen zu unterscheiden:

- Gesetzliche Grundlagen und Regelwerke (Unterkapitel 5.6.1) geben die Rahmenbedingungen vor, die in der Planung, respektive durch das geplante Objekt, eingehalten werden müssen. Die für das geplante Objekt geltenden Rahmenbedingungen werden im Pflichtenheft (siehe Kapitel 5.5.1) als verbindliche Anforderungen dokumentiert.
- Empfehlungen (Unterkapitel 5.6.2, 5.6.3 und 5.6.4) sind Publikationen von verschiedener Seite (Umweltbundesamt, Ministerien des Bundes und der Länder, Forschungsinstitute, kommerziell arbeitende Verlage etc.), die keinerlei Verbindlichkeit besitzen, also rein informativen Charakter haben. Aus diesen Empfehlungen können in das Pflichtenheft Ziel- oder Grenzwerte übernommen werden.

### 5.6.1 Gesetzliche Grundlagen und Regelwerke in Deutschland

Es gibt eine Reihe von Gesetzen und Verordnungen, die im Zusammenhang mit der Planung von Gebäuden eingehalten werden müssen.

In diesem Unterkapitel werden im ersten Teil die allgemeingültigen Bestimmungen und im nächsten Teil Anforderungen an bestimmte Aspekte nachhaltiger Planung behandelt. Eine Ausnahmestellung nimmt die ISO 9699/DIN 18205<sup>161</sup> ein, da ihre Anwendung keine Rechtsverbindlichkeit besitzt.

#### Allgemeingültige Bestimmungen

Bei den allgemeingültigen Bestimmungen sind zu nennen:

- das Baugesetzbuch (BauGB),
- die Baunutzungsverordnung (BauNVO),
- die Landesbauordnungen (LBO) und im weiteren Sinne
- das Bundesnaturschutzgesetz sowie die Naturschutzgesetze der Länder,
- das Denkmalschutzgesetz,
- eine Reihe verschiedener DIN-Normen (DIN 276 – Kosten von Hochbauten, DIN 277 – Grundflächen und Rauminhalte von Hochbauten, DIN 18969 – Baunutzungskosten von Hochbauten etc.) und
- vertragsrechtliche Bestimmungen (VOB – Verdingungsordnung für Bauleistungen, VOL – Verdingungsordnung für Leistungen, HOAI – Honorarordnung für Architekten und Ingenieure etc.).

#### Bestimmungen, die für den Aspekt Baustoffe relevant sind

- EWG-Verordnung zu Bauprodukten  
Anforderungen an die Umwelt und Gesundheitsverträglichkeit von Bauprodukten
- Technische Regeln für Gefahrenstoffe (TRGS)

---

<sup>161</sup>siehe Seite 96

**Bestimmungen, die für den Aspekt Energie relevant sind**

- Energieeinsparungsgesetz (EnEG)  
Anforderungen an die Einsparung von Energie in Gebäuden
- Wärmeschutzverordnung (WschVO)  
Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen  
Berücksichtigt werden Transmissions- und Lüftungswärmeverluste.
- Heizungsbetriebs-Verordnung  
Anforderungen an die Energieeinsparung bei heizungstechnischen Anlagen und Brauchwasseranlagen

**Bestimmungen, die für den Aspekt Wasser relevant sind**

- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (WHG), Landeswassergesetze  
Anforderungen an Entnahme und Ableitung von Wasser aus oberirdischen Gewässern und Grundwasser sowie an das Einleiten und Einbringen von Stoffen in oberirdische Gewässer oder in das Grundwasser, Wasserschutzgebiete
- Trinkwasserverordnung  
Qualität des Trinkwassers der öffentlichen Trinkwasserversorgung/aus privaten Brunnen
- Rahmenabwasserverwaltungsvorschrift  
Anforderungen an die Abwasserbehandlung durch Pflanzenkläranlagen

**Bestimmungen, die für den Aspekt Abfall relevant sind**

- Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG)  
Anforderungen an das Vermeiden, Vermindern, Verwerten von Abfällen, u.a. Abbruch, Bauschutt
- Technische Anleitung Siedlungsabfall (TA Siedlungsabfall)  
Anforderungen an die Verwertung, Behandlung und sonstige Entsorgung von Siedlungsabfall
- Technische Anleitung Abfall (TA Abfall)  
Anforderungen an die Lagerung, chemisch/physikalische, biologische Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen

**Bestimmungen, die für den Aspekt Emissionen/Immissionen relevant sind**

- Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG), Landesimmissionsschutzgesetze  
Anforderungen an den Immissionsschutz bei der Errichtung oder wesentlichen Änderung von genehmigungsbedürftigen und nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen
- Technische Anleitung Luft (TA-Luft)  
Anforderungen an das Emissionsverhalten im Sinne des BImSchG sowie an den Immissionsschutz; Emissions- und Immissionsgrenzwerte für verschiedene Schadstoffe
- Technische Anleitung Lärm (TA-Lärm)  
Anforderungen an den Lärmschutz bei Anlagen im Sinne des BImSchG; Immissionsrichtwerte
- Fluglärmgesetz  
Lärmschutzbereiche im Umfeld ziviler und militärischer Flugplätze; Lärmgrenzwerte mit Bauverboten und Baubeschränkungen

**“ISO 9699 Performance standards in building – Checklist for briefing – Contents of brief for building design”, “DIN 18205 Bedarfsplanung im Bauwesen”**

Die ISO 9699/DIN 18205 stellt im Gegensatz der bisher erwähnten Bestimmungen keine Anforderungen an das zu planende Objekt, sondern greift viel früher in den Planungsprozeß ein. Sie stellt nach Ansicht der Autorin ein äußerst wichtiges Planungshilfsmittel dar, weil sie die Klärung der Planungsaufgabe und Festlegung der Anforderungen an das zu planende Objekt unterstützt. Dies muß als Grundlage für eine erfolgreiche Planungsarbeit – insbesondere unter dem Nachhaltigkeitsaspekt – angesehen werden. In der heutigen Planungsrealität findet diese Aufgabe zu wenig Beachtung. Deshalb folgt hier eine ausführlichere Beschreibung dieser Norm.

Die ISO 9699<sup>162</sup> wurde entwickelt, um international eine einheitliche Basis für die Definition der Bauaufgabe zu schaffen. Die DIN 18205<sup>163</sup> wurde auf der Grundlage einer noch nicht genehmigten Fassung der ISO 9699 entwickelt. Im wesentlichen haben beide Normen den gleichen Inhalt, wenngleich beide Fassungen bis zur endgültigen Genehmigung noch verändert wurden.

Neben der Definition der Begriffe Bedarfsplan, Bedarfsplanung und Bedarfsplaner bietet die DIN 18205 als informativen Bestandteil Prüflisten zur Projekterfassung, zu Rahmenbedingungen, Ziele und Mittel und zu Anforderungen an den Entwurf und an die Leistungen des Objekts.

Diese Prüflisten sind sehr umfassend ausgefallen und unterstützen den Bauherrn bei der Festlegung seiner Anforderungen an das Objekt sowie bei der Organisation seiner Rolle als planungsbegleitendes Teammitglied.

Prüfliste B enthält im 8. Abschnitt “Beabsichtigte Wirkung des Projekts” die Punkte “Wirkungen auf die Umwelt”, “Kontrolle unerwünschter Wirkungen” sowie “Prioritäten”. In der Erläuterung dazu wird ausgeführt: Dieser Abschnitt betrifft Qualitäten, Strategien, Projektprioritäten und Wertschöpfung. Letztlich wird das Bauprojekt nach den Wirkungen und Auswirkungen beurteilt, die es auf das Unternehmen bzw. die Institutionen des Bauherrn, die Nutzung und die Öffentlichkeit hat. Deshalb muß die genaue Beschreibung der beabsichtigten Wirkung jedes zukünftigen Gebäudes die Zielsetzung des Projekts formen.<sup>164</sup>

Die Prüfliste C beschreibt die Bedarfsplanung während des Planungsprozesses, nämlich in der Entwurfs- und Ausführungsplanung, und ermöglicht dem Bauherrn seine Anforderungen an konkrete Ausführungsdetails zu formulieren. Mit dieser Prüfliste kann er die Vollständigkeit der Planung sowie die Einhaltung der in Prüfliste B gestellten Anforderungen kontrollieren.

Aus Sicht des Planers kann die Norm dienen, um die Aufgabenstellung auf Richtigkeit und Vollständigkeit zu überprüfen.

---

<sup>162</sup>[ISO 9699]

<sup>163</sup>[DIN 18205]

<sup>164</sup>Zitiert nach [KUCHENMÜLLER 97b], S.1178



### 5.6.2 Empfehlungen allgemeiner Art

Derartige Empfehlungen finden sich in Publikationen über Hochbaukonstruktionen allgemein oder für spezielle Bereiche wie z.B. Beton-, Glasbau-, Holzbau-, Mauerwerks- oder Stahlbauatlas. Es gibt eine Reihe von Publikationen, die sich mit ökologischen Betrachtungsweisen in der Planung von Gebäuden auseinandersetzen und dabei den Gesamtkomplex Gebäude und mehr (Siedlungsentwicklung etc.) betrachten<sup>165</sup>.

Eine Ausnahmestellung nimmt eine Publikation des SIA<sup>166</sup> ein. Hierbei handelt es sich um eine Checkliste, die für die Schwerpunktthemen Siedlung – Umfeld – Verkehr, Energie, Material – Konstruktion, Wasser–Luft, Haustechnik und Ökonomie Zielsetzungen, Lösungsmöglichkeiten und Anregungen konkretisiert.

Daneben finden sich unzählige Publikationen<sup>167</sup>, die einzelne Teilaspekte (Haustechnik, Entsorgung, Flächenversiegelung etc.) herausgreifen.

### 5.6.3 Baustoffempfehlungen in Form von Baustofflisten/Baustoffdatenbanken

Hier gibt es einige Anbieter von Baustoff- und Produktinformationssystemen in elektronischer Form und als sogenannte “Blatteien” (Lose-Blatt-Sammlungen) und Lexika z.B. Baustofflexikon, Technologie der Baustoffe, Baustoffkenntnis oder Bücher über Bauchemie.

Unterstützung bei der Material und/oder Produktauswahl unter ökologischen Aspekten bieten verschiedene Studien über Baustoffe und Produkte. Problematisch bei diesen Vergleichen können die Festlegungen der funktionalen Einheit sein. Häufig sind dies ein bestimmtes Volumen, eine Fläche oder Masse, also eine physikalische Größe des Materials selbst. Für eine ökologische Bewertung im Sinne einer Lebenszyklusanalyse müßte aber der “Gebrauchswert” (z.B. 25 Jahre Anstrich auf 1 m<sup>2</sup> Wandfläche) als funktionale Einheit herangezogen werden. Ein weiteres Problem liegt in dem eingeschränkten Geltungsbereich, da der Untersuchung der Materialien normalerweise landesübliche Produktionsverhältnisse zugrunde liegen und auch die Bewertungsmethoden sich auf landesspezifische Normen stützen.

Beispiele:

- Ökologisches Baustoff-Lexikon<sup>168</sup>
- Ökologische Bewertung von Anstrichstoffen<sup>169</sup> (Schweiz)
- SIA 493 (Schweiz)  
Datenbank, in der von Produktherstellern ausgefüllte Deklarationsraster gemäß SIA 493 abgerufen werden können.
- Ökologische Baumaterialien, Tagungsband 2. Europa Symposium zum ökologischen Bauen 1993<sup>170</sup> (Deutschland)
- ERG (Environmental Resource Guide)<sup>171</sup> (Nordamerika)  
Umfangreicher Baumaterialien-Katalog mit einer auf einem klassischen Lebenszyklus-Ansatz beruhenden Bewertung. Neben ökologischen Auswirkungen sind auch gebäudetechnische und gesamtgesellschaftliche Aspekte erhoben.

<sup>165</sup> [UBA 82], [UBA 88], [UBA 91], [UBA 92], [UBA 97], [MUF RP 95], [MNUL SH 93], [BMBau 89a], [BMBau 89b], [SIA D0122]

<sup>166</sup> [SIA D0137]

<sup>167</sup> wie z.B. [SIA D018], [IP BAU 91], [BMBau 98a], [BMBau 98b]

<sup>168</sup> [ZWIENER 95]

<sup>169</sup> [ERFA 95]

<sup>170</sup> [LBB NRW 94]

<sup>171</sup> [ERG 96]

#### 5.6.4 Konstruktionsempfehlungen

Neben ganz allgemeinen Konstruktionsempfehlungen (z.B. Holzbau- und Stahlbauatlas) gibt es spezielle Empfehlungen aus dem Bereich Bauphysik wie die Wärmebrücken-Atlanten<sup>172</sup> oder Publikationen über Fassadensysteme und aus dem Bereich Ökologie:

- **Ökologische Beurteilung von Hochbaukonstruktionen (Schweiz)**  
Die ökologische Beurteilung von Hochbaukonstruktionen<sup>173</sup> ermöglicht einen Überblick über die Umweltauswirkungen der darin untersuchten Beispielkonstruktionen. Die Studie basiert auf vollständigen Lebenszyklusanalysen (von den Rohstoffen bis zum Fabrikator). Die zugrundeliegenden Materialien sind produkt- und herstellerneutral, d.h. gemittelt aus den Angaben mehrerer schweizerischer Hersteller, erfaßt worden. Für die Bewertung werden nur die Umweltwirkungen Treibhauseffekt, Versauerung, erneuerbarer und nicht erneuerbarer Primärenergieinhalt herangezogen. Für die nachgelagerten Prozesse (Verarbeitung auf der Baustelle, Nutzung und Entsorgung) werden qualitative Angaben gemacht.
- **Green Guide to Specification (England)**  
Die in England üblichen Konstruktionsvarianten für Gebäude werden im Green Guide to Specification<sup>174</sup> nach ökologischen Kriterien beurteilt. Dabei ist die funktionale Einheit immer ein Quadratmeter Bauteil bei einer bestimmten Leistung, die zeitliche Grenze ist für alle Konstruktionen bei einer Lebensdauer von 60 Jahren gezogen. Dieser Publikation liegen Produktökobilanzen über den gesamten Lebenszyklus zugrunde, auf die es jedoch keinerlei Literaturhinweise oder offengelegte Nachweise gibt. Toxizität, Primärenergie, Emissionen in die Luft, Ressourcenverbrauch und Reserven, Abfallflüsse und Recyclingpotential sind als Umweltwirkungen berücksichtigt. Diese werden mit Hilfe einer ABC-Bewertung voll-aggregiert. Diese Beurteilung ist jeweils relativ an der "ökologischsten" Variante gemessen und nur innerhalb einer Konstruktion gültig. Eine Aufaddition zu einem Gesamtgebäude ist deshalb nicht möglich.
- **EPM - Environmental Preference Method (Niederlande)**  
EPM wurde 1991 von Woon-Energie entwickelt. EPM berücksichtigt alle relevanten Aspekte in Abhängigkeit von den darüber verfügbaren Erkenntnissen quantitativ oder qualitativ. Dabei wird versucht, diejenigen Aspekte mit hoher Bedeutung für die Umwelteinflüsse stärker zu gewichten. Das Verfahren verwendet die vier standardisierten Schritte einer Lebenszyklusanalyse. EPM vergleicht die berücksichtigten Materialien und Produkte und stellt Rangfolgen ökologischer Relevanz auf. Es werden ausschließlich ökologische Aspekte betrachtet (keine Kosten, keine anderweitigen Qualitätsmerkmale). Im Schritt Klassifizierung werden folgende Kategorien behandelt: Ressourcen, Energie, Emissionen, Schäden und Abfälle. Weiterhin in Betracht gezogen werden: Wiederverwertbarkeit, Reparaturfähigkeit und Lebensdauer. Die Alternativen werden für jeden Aspekt mit +/o/-/x Bewertungen in einer Matrix dargestellt und danach zu einer Rangfolge gewichtet.

#### 5.6.5 Fazit

Es gibt eine Reihe von Planungsgrundlagen, die mit dem Ziel erarbeitet wurden, eine nachhaltige Entwicklung im Bauwesen zu fördern, oder zumindest Teilaspekte dafür zu berücksichtigen. Die konsequente Anwendung dieser Planungsgrundlagen (von den gesetzlichen und damit verbindlichen Rahmenbedingungen abgesehen) scheidet bisher an mangelnden Kenntnissen der Planungsbeteiligten über eine auf den Baubereich bezogene, nachhaltige Entwicklung selbst und/oder über die einzelnen Planungsgrundlagen.

---

<sup>172</sup>[HAUSER 93b], [HAUSER 92]

<sup>173</sup>[SIA D0123]

<sup>174</sup>[SHIERS 96]

## 5.7 Planungswerkzeuge

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über Planungswerkzeuge, die einen Bezug zum nachhaltigen Planen und Bauen aufweisen. Dabei sind folgende Kategorien von Planungswerkzeugen zu unterscheiden:

- CAD- bzw. CAAD- und AVA<sup>175</sup> - Software (Unterkapitel 5.7.1) sowie Standardisierte Leistungsbeschreibungen (Unterkapitel 5.7.2), sind Planungswerkzeuge, die in Planungsbüros längst etabliert sind. Sie können zu einer besonders wichtigen Schnittstelle zum nachhaltigen Planen werden.
- Simulationsprogramme (Unterkapitel 5.7.3) sind auf spezifische Fragestellungen ausgerichtete Computer-Programme, die die zu erwartenden Auswirkungen von diesbezüglichen Planungsentscheidungen vorab darstellen. Sie dienen als Grundlage für die Systemwahl, Auslegung und Dimensionierung von technischen Installationen. Ihr Einsatz ist unverbindlich, wird jedoch zunehmend auch von Auftraggeberseite gefordert.
- Bewertungsverfahren im Vergleich zu Referenzobjekten (Unterkapitel 5.7.4) und Zertifizierungen (Unterkapitel 5.7.5) stellen eine Möglichkeit dar, das vollständig geplante oder ausgeführte Gebäude in bezug auf seinen "ökologischen Stellenwert" einzuordnen.
- Eine besondere Stellung nehmen Planungswerkzeuge zur Ablaufplanung und Bauadministration ein, da sie nicht das Objekt Gebäude betrachten, sondern das Projekt der Gebäudeplanung zum Inhalt haben. Ein kurzer Überblick über Projektmanagement- und Groupware-Software für diesen Bereich findet sich in Unterkapitel 5.7.6.

### 5.7.1 CAD- bzw. CAAD- und AVA-Software

Der Einsatz von CAD/CAAD- und AVA-Software im Planungsprozeß ist heute in den meisten Architektur- und Ingenieurbüros Standard. Bisher ist jedoch keine Software aus diesem Bereich auf dem Markt vertreten, welche die ökologischen Aspekte des Bauens berücksichtigt.

Die Entwicklung derartiger Software zur Marktreife ist jedoch Gegenstand zweier laufender Forschungsprojekte LEGOE und OGIP 98<sup>176</sup> (siehe auch Kapitel 4.3.4).

### 5.7.2 Leistungsbeschreibungen

Hier sind im allgemeinen die Standardleistungsbücher (STLB) als Grundlage für Ausschreibungen zu nennen und im Besonderen:

- "Ökologie in Leistungsbeschreibungen" (Schweiz)  
Ziel des Projekts "Ökologie in Leistungsbeschreibungen"<sup>177</sup> ist die Integration von ökologischen Daten in die schweizerischen Leistungsverzeichnisse (NPK der Zentralstelle für Baurationalisierung). Durch die Angliederung an den NPK wird gewährleistet, daß immer Varianten mit gleicher Funktionalität verglichen werden. Für die Bewertung werden quantitativ die Umweltwirkungen "graue Energie" (vergegenständlichte Energie) mit Einbezug des Rohstoffabbaus und des Primärenergieeinsatzes in den Lebenszyklusansatz und Emissionen von Lösungsmitteln während der Verarbeitungsphase betrachtet. An zusätzlichen qualitativen Merkmalen werden in der Verarbeitungsphase arbeitshygienische Risiken, in der Nutzungsphase potentiell emittierbare Schadstoffe, in der Rückbauphase die Möglichkeit zur Verwertung, Verbrennung und Deponierfähigkeit untersucht.

<sup>175</sup> CAD = Computer Aided Design, CAAD = Computer Aided Architectural Design, AVA = Ausschreibungs-Vergabe-Abrechnung

<sup>176</sup> LEGOE und OGIP 98 siehe Verzeichnis der Projekte

<sup>177</sup> [ÖLB 96]

### 5.7.3 Simulationsprogramme

Mit Simulationsprogrammen kann ein Gebäude/Gebäudeteil modellhaft im Computer abgebildet und ein bestimmtes Verhalten untersucht werden. Umfangreiche Erfahrungen gibt es auf dem Sektor "Thermische Gebäudesimulation", zunehmend werden auch lichttechnische Fragestellungen mit Simulationsprogrammen geklärt. Simulationsprogramme, die sich mit der Bewertung von Gebäuden aus ökologischer Sicht befassen, sind noch nicht etabliert.

Einen guten Überblick über den Einsatz von Simulationsprogrammen im Bauwesen gibt die Publikation zum Seminar SIMBAU<sup>178</sup>.

Im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte wurden mehrere Computerprogramme entwickelt, die Lebenszyklusanalysen von Gebäuden erstellen. Die meisten befinden sich noch in einem Experimentierstadium und sind bestenfalls als Beta-Versionen verfügbar.

- ECO-Quantum

Eco-Quantum betrachtet den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes "von der Wiege bis zum Grab". Der Abbau der Rohstoffe und die Baustoffproduktion, die Bauleistungen, die Nutzung des Gebäudes, mögliche Renovierungsmaßnahmen oder Umnutzungen, der Abbruch und die Weiterverwendung von Gebäudeelementen und/oder Materialien finden Berücksichtigung.

Das Programm ist in drei Teile gegliedert, den Input der Gebäudedaten, den Berechnungsteil und den Output der Ergebnisse. Der Input gliedert sich nochmals in die drei Phasen Erstellung, Nutzung und Rückbau. Die Vorgehensweise bei der Eingabe ist an die gebräuchlicher Kostenermittlungen angepaßt. Das Berechnungsverfahren ist an detaillierte Lebenszyklusanalysen angelehnt, wurde jedoch um einige Aspekte (z.B. Landnutzung) erweitert. Es stehen mehrere Darstellungsvarianten für die Berechnungsergebnisse zur Verfügung. Dabei können sowohl unterschiedliche Aggregationsstufen für die Auswirkungen auf die Umwelt, unterschiedliche Aggregationen für die Gebäudeeinheiten (bestimmtes Material, eine Bauteil-Komponente, das gesamte Gebäude) als auch verschiedene Phasen (gesamter Lebenszyklus, einzelne Phase) und verschiedene funktionale Einheiten ( $m^2$  Fläche,  $m^3$  Volumen oder pro Nutzer) ausgewertet werden.

- ECO-Software (ECOPT, ECOPRO)

Die Software ECOPT und ECOPRO ist im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben<sup>179</sup> an der Universität Karlsruhe entwickelt worden mit dem Ziel, die verschiedenen Stufen eines den Entwurf begleitenden Planungswerkzeuges zur Bewertung von Kosten, Energie und Umweltbelastungen von Gebäuden prototypisch zu demonstrieren.

ECOPT kann in ganz frühen Planungsphasen eingesetzt werden. Es ermittelt auf der Grundlagen von Kennwerten verschiedene Umwelteinflüsse.

ECOPRO wird in späteren Planungsphasen zur Beurteilung eines entwurflich weitgehend entwickelten Gebäudes eingesetzt. Grundlagen für die Bewertung der Umwelteinflüsse sind vollständige Sachbilanzen von verschiedenen Baustoffen und Prozessen, die – zusammengefaßt zu Elementen – den Aufbau des Gebäudes beschreiben. Aus diesen Elementen und den zugehörigen Erneuerungsmodellen werden die Stoffströme und die resultierenden Emissionen für die Gebäudeelemente ermittelt und überwiegend mit den Aggregationsverfahren des Eco-Indicator '95<sup>180</sup> bewertet.

Die Energieströme während der Nutzungsphase werden aufgrund standardisierter Energieberechnungen gemäß DIN EN 832<sup>181</sup> ermittelt und, mit entsprechenden Basisprozessen verknüpft, bewertet.

ECOPT wird in Kapitel A.2, ECOPRO in Kapitel A.3 ausführlich erläutert.

---

<sup>178</sup>[SIMBAU]

<sup>179</sup>siehe [KOBK 96], [OGIP 96]

<sup>180</sup>[GOEDKOOP 95]

<sup>181</sup>[DIN EN 832]

- Energy Life Cycle Assessment Model for Building Design

Die Entwicklung von Energy Life Cycle Assessment Model for Building Design, im weiteren mit ELCAM abgekürzt, wurde 1990 vom Danish Building Research Institute im Rahmen eines Forschungsprojektes<sup>182</sup> begonnen mit dem Ziel, den Entwerfern von Gebäuden ein Werkzeug an die Hand zu geben, anhand dessen sie Gebäude mit möglichst geringem Verbrauch energetischer Ressourcen und daraus resultierenden Luftverschmutzungen planen können. Grundlage für die Analyse sind die Bau-, die Nutzungs- und die Abbruchphase. ELCAM verwendet drei Kategorien von Tabellen, anhand derer die Mengen der verwendeten Materialien (Kategorie 1), die zugehörigen Energieströme für die Produktion der Materialien und den Ein- und Ausbau im Gebäude (Kategorie 2) und die daraus resultierenden CO<sub>2</sub> und SO<sub>2</sub>-Emissionen (Kategorie 3) ermittelt werden.

Bisher wurden nur CO<sub>2</sub> und SO<sub>2</sub>-Emissionen aufgrund des Energieverbrauchs betrachtet. Es sind jedoch Erweiterungen mit folgenden Aspekten geplant: Rohstoffe, Treibhauseffekt, Versauerung und Ökotoxizität.

- EQUER (Evaluation de la Qualité Environnementale des bâtiments)

EQUER ist eine Entwicklung von der Ecole des Mines de Paris, INERIS, DUMEZ-GTM, S'PACE und Pierre Diaz-Pedregal<sup>183</sup> zum Vergleich der Umwelteinflüsse unterschiedlicher Gebäude- bzw. Konstruktionsvarianten.

Berücksichtigung finden die Phasen Herstellung der verwendeten Gebäudekomponenten, Erstellung und Nutzung des Gebäudes, Instandsetzung und Erneuerung von Bauteilen, Abbruch und die Entsorgung der Bauteile sowie die Weiterverwendung oder das Recycling. EQUER betrachtet nur die Umweltwirkungen außerhalb des Gebäudes. Die Umwelteinflüsse Ressourcenverbrauch, Emissionen in Luft, Wasser, Boden und der produzierte Abfall werden bilanziert und zu einem Ökoprofil aggregiert.

- LCA Tool des SBI

Dieses Programm zur Erstellung von Lebenszyklusanalysen für das Bauwesen wurde 1998 am Danish Building Research Institute (SBI) entwickelt. Es besteht aus zwei Teilen: einer Prozeß-Datenbank mit quantifizierbaren Umweltdaten und einer Benutzeroberfläche zur Erstellung der Sachbilanz. In der Datenbank können Einheiten, Rohstoffe, Emissionen, Umweltwirkungen inkl. Wirkungsfaktoren als Basisgrößen für die Zusammenstellung von Prozessen (Energiebereitstellung, Transport oder Herstellung von Produkten etc.) definiert werden. Die gebräuchlichsten Prozesse zur Energiebereitstellung und Transport sind in der Datenbank (Datenbankteil Basisprozesse) bereits definiert. Dasselbe gilt für die Herstellung derjenigen Baustoffe/Produkte (Datenbankteil Materialien) und Bauelemente (Datenbankteil Elemente), die in dänischen Gebäuden am häufigsten eingesetzt werden. Für die Beurteilung der Umwelteinflüsse sind die bekanntesten Umweltwirkungen (Versauerung, Treibhauseffekt, Humantoxizität, Ökotoxizität, Ozonbildungspotential, Verbrauch an nichterneuerbaren Ressourcen etc.) ebenfalls vordefiniert. Auf dieser Grundlage lassen sich mit dem LCA Tool einfach Input-Output-Analysen von Herstellungsprozessen für Gebäude erstellen. Die Phasen Nutzung (Unterhalt und Betrieb) und Rückbau werden durch das Tool nicht ermittelt, sondern müssen als Prozesse durch den Benutzer definiert werden.

Der entscheidende Unterschied dieses LCA Tools im Vergleich zu anderen liegt in der Methode, wie es Unsicherheiten berücksichtigt. In der Datenbank können für alle Daten Mittelwerte, Minimal- und Maximalwerte angegeben werden und daraus Standardabweichungen mit einer "Successive Estimating"-genannten Methode ermittelt werden. Diese Methode wird näher erläutert in einem Artikel im Intern. Journal of Low Energy and Sustainable Buildings,<sup>184</sup> eine Beschreibung des LCA Tools findet sich bei PETERSEN.<sup>185</sup>

---

<sup>182</sup> [DINESEN 94]

<sup>183</sup> [EQUER 92]

<sup>184</sup> [IJLESB 98]

<sup>185</sup> [PETERSEN 98]

- Optimize

Optimize ist eine 1991 von der Canada Mortgage and Housing Corporation entwickelte Software, die Architekten und andere Planer bei der Materialwahl unterstützen soll mit dem Ziel, die Umweltwirkungen zu minimieren. Optimize ermittelt den Energieverbrauch des Gebäudes während des gesamten Lebenszyklus und die Auswirkungen auf die Umwelt.

Zur Berechnung müssen lediglich Mengenangaben über die im Gebäude verwendeten Baustoffe anhand gebäudetypischer Elemente erfolgen. Das Programm ermittelt dann den Anteil und die Kosten jedes Elementtyps, die graue Energie, die notwendigen Energien zum Unterhalt und zur Erneuerung während der gesamten Lebensdauer des Gebäudes und die damit verbundenen Luftverschmutzungen und externen Kosten.

Der Schwerpunkt liegt auf der Ermittlung der Energieströme und der Kosten während des gesamten Lebenszyklus.

#### 5.7.4 Beurteilungen im Vergleich zu “Referenzobjekten”

- GBC '98 (Green Building Challenge) ist ein internationales Projekt zur ökologischen Gebäudebewertung. Als funktionale Einheit dient hierbei immer das gesamte Gebäude, nach unterschiedlichen Gebäudetypen klassifiziert. Die Bewertungsmethode stützt sich auf ein ebenfalls im Rahmen dieses Projektes entwickeltes Punkteraster, das Aspekte aus den Bereichen Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft abdeckt. Teilweise liegen den Bewertungen komplette Lebenszyklen, teilweise nur die Betrachtung einzelner Phasen (Nutzung) zugrunde. Die Bewertungsmerkmale sind in Hauptgruppen, Ressourcenverbrauch, Umweltbelastungen, Innenraum-Qualität, Langlebigkeit/Dauerhaftigkeit, (planungs-) prozess- und standortabhängige Planungsfaktoren, unterteilt, die jeweils Kategorien mit Kriterien und Subkriterien enthalten. Die Bewertung findet auf dieser Stufe im Vergleich zu einem vorher festgelegten Referenzgebäude mit einer Punkteskala statt. Bei der Aggregation auf die nächste Stufe findet jeweils eine (möglicherweise länderspezifische) Gewichtung statt. Die Bewertung wird von Fachleuten mit dem dazu entwickelten GBA-Tool durchgeführt.

#### 5.7.5 Zertifizierungen

Wie bereits auf dem Energiesektor etabliert (Energiepaß für Gebäude<sup>186</sup>), werden auch für die ökologische Beurteilung Instrumente zur Zertifizierung angeboten.

Beispiele:

- BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) ist eine Gebäudebewertungsmethode, die im Building Research Establishment (BRE) in England entwickelt wurde und deren Ergebnis ein Gebäudezertifikat ist. Als funktionale Einheit gilt das gesamte Gebäude allerdings nur während der Nutzungsphase. Differenziert nach Gebäudetyp und Alter werden verschiedene Kriterienlisten verwendet, die überwiegend auf englische Normen zugeschnitten sind und auf englischen Verhältnissen beruhen.

Die Bewertungsgrößen werden nach:

- globalen Effekten (CO<sub>2</sub>-Emissionen und Versauerung, Emissionen von ozonschichtgefährdenden Substanzen, Benutzen von Recyclingmaterialien und -anlagen),
- lokalen Auswirkungen (Lärmbelastung, Verschattung, Veränderungen von Luftströmungen, Wasserverbrauch, Erschließung für umweltfreundliche Transportmittel) und
- Belastungen der Innenräume (visueller und thermischer Komfort, Lärm, Emissionen von Materialien etc.) gruppiert, wobei der Schwerpunkt auf dem Aspekt Innenraumqualität liegt.

---

<sup>186</sup>[HAUSER 93a]

BREEAM wird von externen Experten angewandt, die auf Grundlage der Bewertung mit einem Kreditpunktesystem unterschiedliche Qualitätssiegel vergeben.<sup>187</sup>

- BEPAC (Building Environmental Performance Assessment Criteria), basierend auf BREEAM, wurde von der University of British Columbia entwickelt. BEPAC unterscheidet zwischen dem Gebäude selbst und der Einrichtung des Gebäudes und in diesen Kategorien jeweils nach Gestaltungs- und Bewirtschaftungskriterien. Es wird wie bei BREEAM das gesamte Gebäude in der Nutzungsphase betrachtet. In den Bewertungskategorien “Gestaltung des Gebäudes” ist BEPAC mit BREEAM vergleichbar. Zusätzlich werden in den Bewertungskategorien “Bewirtschaftung” formale und organisatorische Aspekte rein qualitativ betrachtet. BEPAC kann zur Zeit nur auf Dienstleistungsgebäude in Kanada angewendet werden.<sup>188</sup>

### 5.7.6 Projektmanagement- und Kommunikationssysteme

Wie bereits in Kapitel 5.7 erwähnt, nehmen diese Hilfsmittel eine Sonderstellung innerhalb der Planungswerkzeuge ein, da sie für die Organisation der Projektstrukturen und -abläufe eingesetzt werden und nicht für die Planung des Objektes selbst.

Projektmanagement- und Groupware-Systeme sind von ihrer Struktur her universell einsetzbar, es gibt keinen direkten Bezug zu Aspekten der Nachhaltigkeit. Sie können jedoch ein wichtiges Mittel zur Unterstützung der teamorientierten Planung werden und bieten darüber hinaus Möglichkeiten zur Strukturierung des Planungsprozesses, die auch im Sinne einer nachhaltigen Planung genutzt werden können (siehe auch 6.1). Deshalb werden im Anschluß die wesentlichen Aspekte dieser Systeme aufgezeigt.

#### Projektmanagement-Systeme

Projektmanagement-Software (der Begriff Projektmanagement-Systeme wird synonym verwendet) wird von SCHINDLER wie folgt definiert:

“[...] als ein System, das alle Teilaspekte des Projektmanagements integriert bzw. die Integration mit entsprechender Software erlaubt.”<sup>189</sup>

Die angesprochenen Teilaspekte, die durchaus auch von Standard-Software abgedeckt werden können, sind in Abbildung 28<sup>190</sup> dargestellt.

Grundfunktionalitäten von Projektmanagement-Software sind nach PATZAK und RATTAY<sup>191</sup>

- die Aufgabenplanung,
- die Termin- und Ablaufplanung,
- die Ressourcen- und Kostenplanung,
- die Planung der Aufgabenverteilung
- das Projektcontrolling und
- das Berichtswesen.

Es gibt eine große Anzahl von Projektmanagement-Software-Produkten auf dem Markt, die teilweise jedoch in ihrer Funktionalität auf bestimmte Teilaspekte beschränkt sind. Eine aktuelle Übersicht findet sich bei SCHINDLER.<sup>192</sup>

<sup>187</sup> Weitere Informationen finden sich in [BREEAM 93a], [BREEAM 93b], [REGENER 97b].

<sup>188</sup> Weitere Informationen finden sich in [COLE 92], [BEPAC 93]

<sup>189</sup> [SCHINDLER 98b], S.6

<sup>190</sup> [SCHINDLER 98b], Abbildung 5

<sup>191</sup> [PATZAK 98], S.575ff.

<sup>192</sup> [SCHINDLER 98b], Kapitel C

Software als PM-Hilfsmittel	Textverarbeitung	Grafikprogramme	Datenbanksysteme	Tabellenkalkulation	Netzplanverfahren	PM-Software
Aufgabenbereich						
Projektantrag und Änderungsanträge						
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung						
Strukturplanung						
Aufwandsschätzung						
Terminüberwachung						
Aufwands- und Kostenüberwachung						
Einsatzmittelplanung						
Projektdokumentation						
Erfahrungssicherung						

■ Geeignetes Hilfsmittel für den entsprechenden Aufgabenbereich im Projektmanagement

Abbildung 28: Einsatz PC-gestützter Hilfsmittel für Projektmanagement

## Groupware-Systeme

Nach ELLIS dienen Groupware-Systeme der Kooperation, Koordination und Kommunikation von Arbeitsgruppen<sup>193</sup>. Das der Groupware zugrundeliegende Forschungsgebiet wird allgemein mit CSCW (Computer Supported Cooperative Work), im Deutschen als “kooperatives computerunterstütztes Arbeiten” bezeichnet. SCHINDLER nennt als Bausteine von CSCW-Systemen<sup>194</sup>:

- E-Mail-Systeme,
- Information Sharing durch Groupware-Systeme,
- Workflow-Management-Systeme,
- Koordinationssysteme und,
- Conferencing-Systeme.

Eine speziell auf die Planung von (solar optimierten) Gebäuden ausgerichtete Planungsplattform wurde im Verbundprojekt RETEX II/INTESOL<sup>195</sup> entwickelt. “Diese ermöglicht auf verschiedenen Ebenen eine integrale Sicht auf das Projekt, integriert alle zur Projektkooperation benötigten Werkzeuge, Ressourcen und Informationen und schafft eine intuitive Wahrnehmungsmöglichkeit der Planungsvorgänge und Anhängigkeiten.”<sup>196</sup>

Innerhalb dieser Kooperationsplattform sind verschiedene Kontextbereiche (z.B. “Gestaltung”, “Energie” etc.) definiert, um spezifische Sichten auf das Projekt zu ermöglichen. Die Möglichkeit zur Erweiterung der Kooperationsplattform um den Aspekt “Nachhaltige Entwicklung” in einem eigenen Kontextbereich wäre zu prüfen.

<sup>193</sup> zitiert nach [SCHINDLER 98b], S.9

<sup>194</sup> [SCHINDLER 98b], S.10 ff.

<sup>195</sup> INTESOL siehe Verzeichnis der Projekte

<sup>196</sup> [FORGBER 98], S.164



### 5.7.7 Fazit

Hier gelten im wesentlichen ebenfalls die in Kapitel 5.6.5 aufgeführten Anmerkungen. Insbesondere für den Bereich der Simulationsprogramme gilt, daß es eine rasante Entwicklung neuer Produkte gibt, die der Überschaubarkeit entgegen stehen. Das gleiche gilt für die unterschiedlichen Berechnungsverfahren, Anwendungsbereiche und Datengrundlagen, die diesen Produkten zugrunde liegen.

Der wichtigste Hinderungsgrund für die Anwendung liegt in der mangelnden Integration der meisten, speziell auf Aspekte der ökologischen Nachhaltigkeit ausgerichteten, Planungswerkzeuge in den Planungsprozeß. Dies führt dazu, daß die Planenden in der Anwendung einen Mehraufwand bei der Planung sehen.

### 5.8 Projektphasen

In diesem Kapitel werden für die einzelnen Projektphasen die wesentlichen, allgemeinen Planungsaufgaben und die speziellen Aufgaben im Hinblick auf die ökologische Nachhaltigkeit beschrieben. Es wird bei der folgenden Beschreibung aus den in Kapitel 5.4 aufgezeigten Gründen von einer integralen Planungsmethode ausgegangen. Ein Aspekt ist dabei die Zusammensetzung des Teams, die für jede Phase kurz skizziert wird.

Der SIA (Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein) schlägt im Leistungsmodell 95 eine Gliederung der Planungs- und Bauprozesse und die Zuordnung der Entscheidungen und Ziele wie in Abbildung 29<sup>197</sup> vor.

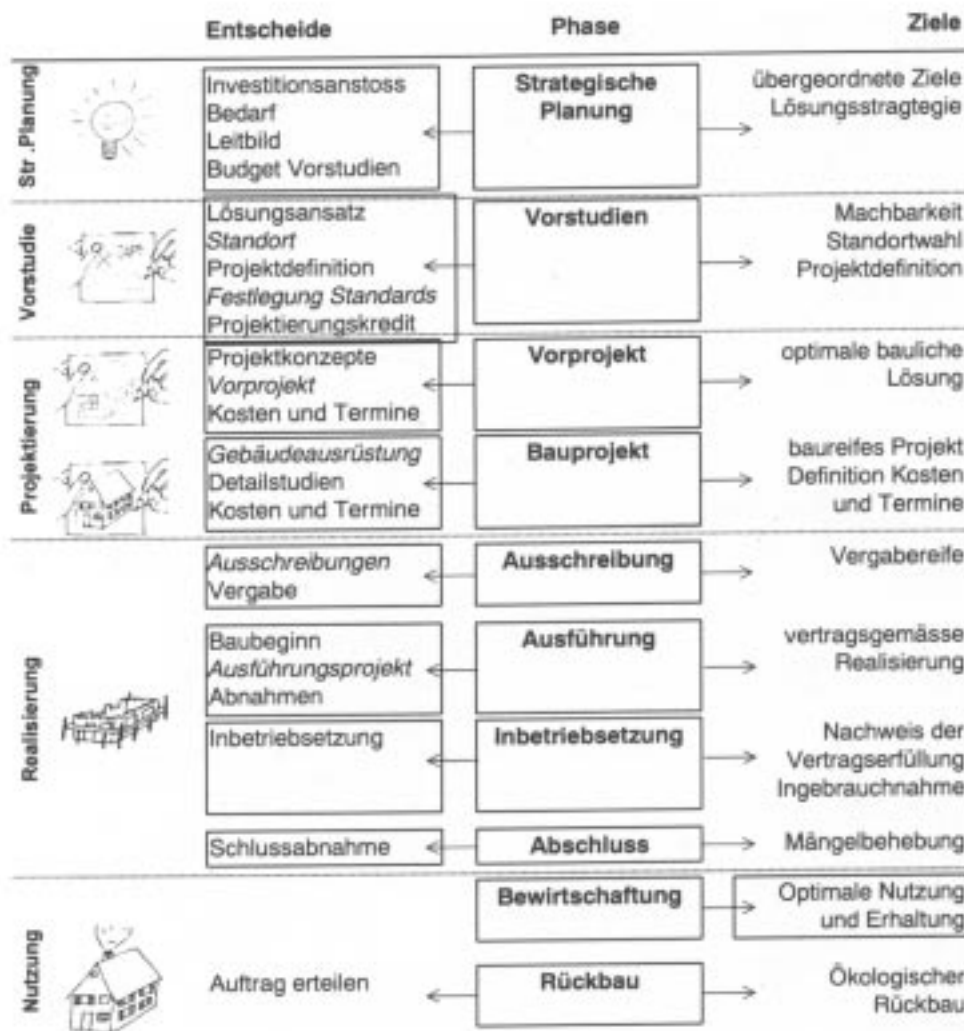


Abbildung 29: Planungs- und Bauprozess gemäß Leistungsmodell 95

<sup>197</sup>[SIA D0152], Figur 2

In dieser Arbeit werden in Anlehnung an das Leistungsmodell 95 folgende Projektphasen betrachtet:

- Strategische Planung (Unterkapitel 5.8.1)
- Konzeptionelle Planung (Unterkapitel 5.8.2)
- Projektierung (Unterkapitel 5.8.3)
- Realisierung (Unterkapitel 5.8.4)
- Nutzung (Unterkapitel 5.8.5)
- Rückbau (Unterkapitel 5.8.6)

Die HOAI<sup>198</sup> regelt nicht nur die Bezahlung des Architekten und der Ingenieure, sie strukturiert auch inhaltlich und dokumentiert die Kompetenzen und Verantwortung des Architekten/Ingenieurs für einzelne Planungsleistungen. Deshalb wird in den folgenden Unterkapiteln soweit möglich stets der Bezug zur HOAI hergestellt.

### 5.8.1 Strategische Planung – HOAI: Grundlagenermittlung

**Aufgaben:** Bedarfsanalyse, Zustandsanalyse des Bestands, Standortanalyse, Betriebsplanung, Erarbeitung eines ersten Vorschlags für das Pflichtenheft, Teambildung, Beteiligung des Nutzers und Betreibers

**Spezielle Aufgaben:** Prüfen der Umwelterheblichkeit und -verträglichkeit, Lösungsstrategien ohne Baumaßnahmen prüfen, Aufklären über Ansätze des nachhaltigen Planens, Erstellen eines ökologischen Leitbildes

**Team:** Auftraggeber, Architekt, Fachmann für Energie und Ökologie, Nutzer/Betreiber bzw. deren Vertreter

Die strategische Planung setzt bereits vor der Grundlagenermittlung, wie sie in der HOAI als erste Leistung des Planers vorgesehen ist, ein. Bevor die Planung eines Objekts beauftragt werden kann, muß eine Analyse des Ist-Zustands und darauf aufbauend die Ermittlung des Bedarfs erfolgen. Der Auftraggeber muß seine Zielsetzungen und Rahmenbedingungen in bezug auf Nutzung, Wirtschaftlichkeit, Ökologie und Energie festlegen.

Dies sind Leistungsschwerpunkte der Bedarfsplanung:

Das typische Leistungsbild der objektbezogenen Bedarfsplanung aus Sicht des Architekten ist die Vorbereitung, Anleitung und teilweise Begleitung der Objektplanung.

Aus der Sicht des Bauherrn beginnt es mit der Erfassung der eigenen Ausgangslage, dem Aufbau der Entscheidungsstrukturen, der Entwicklung eines Zielsystems und der Klärung der Planungsabsichten auch in Bezug zu anderen Planungen. Dafür ist die spezifische Situation (im Markt, am Standort, in ihren personellen und materiellen Strukturen inkl. Bauten) zu erheben. Zu erheben sind ferner die Randbedingungen (Vorschriften, Zeit- und Finanzrahmen, Nachbargrundstücke usw.). Es folgt die Einbeziehung der Beteiligten und Betroffenen (z.B. der Belegschaft), ihres Know how, ihrer Visionen, die Sammlung, Ordnung und Aufbereitung der Planungsdaten aus allen zu betrachtenden Bereichen.<sup>199</sup>

Die Bedeutung der Bedarfsplanung findet Ausdruck in nationalen und internationalen Normen<sup>200</sup>.

<sup>198</sup> HOAI = Honorarordnung für Architekten und Ingenieure

<sup>199</sup> [KUCHENMÜLLER 97a], S.707

<sup>200</sup> [DIN 18205], [ISO 9699]

Auf dieser Grundlage werden Lösungsstrategien entwickelt, in denen insbesondere Problemlösungen durch organisatorische Änderungen und ohne Baumaßnahmen geprüft werden, und erste Entscheidungen getroffen. Falls eine Baumaßnahme (Neubau, Erweiterung oder Umbau) erforderlich ist, sollte bereits in dieser Phase das Planungsteam zusammengestellt werden.

### 5.8.2 Konzeptionelle Planung – HOAI: Vorplanung

**Aufgaben:** Aufstellen eines Raum- und Funktionsprogramms, Varianten erarbeiten, optimieren, vergleichen, Machbarkeitsstudien, Finanzierungs- und Organisationsplan, Pflichtenheft mit Zielsetzungen und Anforderungen erstellen

**Spezielle Aufgaben:** Festlegung der Anforderungen im ökologischen Leitbild, Dokumentation im Pflichtenheft, Verantwortlichkeit für ökologische Belange klären

**Team:** Auftraggeber, Architekt, Fachmann für Energie und Ökologie, Nutzer/Betreiber, evtl. Fachspezialisten z.B. für Logistik und/oder Sicherheit

Die ersten Aufgaben in der konzeptionellen Planung bestehen in der genauen Definition der Planungsaufgabe. Dazu gehört neben den Raum- und Funktionsprogrammen, die in erster Linie auf Vorgaben des Auftraggebers beruhen, die Festlegung der Zielsetzungen und Anforderungen durch das Planungsteam. Dann werden Varianten von Lösungsmöglichkeiten erarbeitet, die die festgelegten Anforderungen erfüllen. Diese Lösungskonzepte werden ebenfalls im Team erarbeitet und sollen eine Abstimmung von architektonischer Gestaltung, Erschließungsstrukturen, Funktionalität und Gebäudetechnik fördern. Am Ende der konzeptionellen Planung fällt die Entscheidung für ein Lösungskonzept zur Weiterbearbeitung.

In der konzeptionellen Planung werden mit der Festlegung der Anforderungen an das Gebäude auch eine Reihe ökologisch relevanter Entscheidungen getroffen. So wirkt sich beispielsweise die Standortwahl sowohl auf den zusätzlichen Flächenverbrauch durch Versiegelung ursprünglich naturbelassener Flächen als auch auf indizierte Verkehrsströme aus. Umgekehrt wirken sich die Umgebungsbedingungen des Standorts (Lärm- und Emissionsquellen) auf die Qualität des Innenraums aus und können zusätzliche technische Maßnahmen erfordern. Ähnliche Überlegungen gelten für die Ausrichtung und die Exposition des Gebäudes. Komfortbedingte Anforderungen an das Nutzflächenangebot wirken sich direkt auf den Flächenverbrauch aus, diejenigen an den Ausbaustandard betreffen die Energie- und Materialflüsse und damit den Ressourcenverbrauch. Direkten Einfluß auf den Energieverbrauch und die damit verknüpften Umweltwirkungen haben die Anforderungen an Nutzung und Betrieb, die sich vor allem in der Gebäudetechnik niederschlagen.

### 5.8.3 Projektierung – HOAI: Entwurfsplanung, Genehmigungsplanung, Ausführungsplanung

**Aufgaben:** Fachkonzepte erstellen und durcharbeiten, Umsetzung der Teilprojekte in ein baureifes Projekt, Kosten- und Terminpläne, Pflichtenheft anpassen, Ergänzung des Planungsteams um Fachplaner und Spezialisten

**Spezielle Aufgaben:** Fachkonzepte auf ökologische Relevanz überprüfen, Materialwahl auf ökologische Belange abstimmen

**Team:** Auftraggeber, Architekt, Fachplaner, Fachkoordinator, evtl. Spezialisten

In der ersten Phase der Projektierung werden alle Fachkonzepte unter Berücksichtigung ökologischer Aspekte erstellt.

Im Gestaltungskonzept werden Festlegungen für die Gebäudekubatur, also die Gebäudetiefe (und damit verknüpft die Raumtiefe), die Gebäudehöhe und die Kompaktheit getroffen. Die Raumtiefe hat maßgeblichen Einfluß auf die natürliche Belicht- und Belüftbarkeit der Räume und somit auf den Einsatz technischer Komponenten mit ihren umweltrelevanten Auswirkungen. Die Gebäudehöhe wirkt sich hauptsächlich auf den Flächenverbrauch aus. Bei hohen Gebäuden sind jedoch auch die Wirkungen auf die Nachbargebäude (Verschattung) und die erforderlichen technischen Anlagen (Belüftung, Aufzug) sowie der größere Materialaufwand aus statischen Gründen nicht zu vernachlässigen. Pauschale Aussagen zur optimalen Gebäudekubatur sind nicht möglich – es muß für jedes Projekt ein individueller Optimierungsprozeß stattfinden.

Die je nach Raumkonzept erforderlichen Verkehrsflächen wirken sich direkt auf den Flächenbedarf aus, eine gute Zonierung und Ausrichtung (Lärmverträglichkeit, Tageslichtbedarf, Sonnenschutz) reduziert den Energiebedarf für Beleuchtung und Klimatisierung und erhöht die Behaglichkeit.

Das Tragwerkskonzept hat den größten Einfluß auf den mengenmäßigen Stofffluß des Gebäudes und zusammen mit dem Fassadenkonzept auf die Lebensdauer. Ein zweiter Aspekt der bei diesen Konzepten betrachtet werden muß, ist der Energieverbrauch für die Beheizung/Kühlung während der Nutzungsphase. Dies steht in engem Zusammenhang mit dem Energie- und Gebäudetechnikkonzept. Bereits in den vorangegangenen Phasen wurden Anforderungen bezüglich des Energiestandards des Gebäudes gestellt, die jetzt bei der Systemwahl für die Wärme/Energieversorgung, Lüftung/Klimatisierung, Beleuchtung und sonstige Elektroanlagen, MSR- (Meß-, Steuer- und Regel-)Technik sowie der Sanitärtechnik berücksichtigt werden müssen. In erster Linie wird der Ressourcenverbrauch (Energie, Trinkwasser) durch die Systemwahl beeinflusst. Zur späteren Kontrolle kann in dieser Phase bereits ein Meßkonzept ausgearbeitet werden, in dem die Kontrollwerte für Betriebsdaten festgelegt und die Meßstellen bestimmt werden. Dies geht Hand in Hand mit dem Betriebsoptimierungskonzept, für das die Zielsetzungen für das Energiemanagement festgelegt und das Vorgehen ausgearbeitet wird.

Das Gestaltungskonzept für die Außenanlagen wirkt sich auf das Mikroklima aus und muß verkehrsbedingte Anforderungen (Parkplätze) berücksichtigen.

Falls die Baumaßnahme den Abbruch von Gebäudeteilen erfordert, kann in einem Rückbaukonzept der Ressourcenverbrauch durch Wiederverwendung oder Recycling positiv beeinflusst werden.

In der zweiten Phase der Projektierung werden die Konzepte zu einem ausführbaren Gesamtkonzept geführt. In diesem Stadium ist – im Hinblick auf die Ökologie – ein entscheidender Schritt die Materialwahl, die in einem speziellen Ausbaukonzept auf ökologische Belange untersucht werden sollte. Als wichtige Aspekte können genannt werden: die Lebensdauer, der Unterhalts- und Reinigungsaufwand, die Möglichkeiten zur Wiederverwertbarkeit/Recycling, der ökologisch bewertete Herstellungsaufwand und Transportweg und die direkte Abgabe von Emissionen an den Inneraum/die Umwelt.

#### 5.8.4 Realisierung – HOAI: Vorbereitung und Mitwirkung bei der Vergabe, Objektüberwachung

**Aufgaben:** Ausschreibung, Bewertung der Angebote, Vergabe, Qualitätssicherungskonzept, Unternehmer beratend miteinbeziehen, Terminpläne, Überwachung der Ausführung, Erstellen von Funktionsbeschreibungen der Anlagen und Instandhaltungspläne, Inbetriebsetzung, Abnahme und Überwachung der Mängelbeseitigung, Pflichtenheft anpassen

**Spezielle Aufgaben:** Berücksichtigung ökologischer Aspekte bei Ausschreibung, Vergabe und Baustelleneinrichtung (Abfälle, Flächenbeanspruchung), Information der Unternehmer über ökologische Zielsetzung, Kontrollmaßnahmen (ökologische Anforderungen) während der Ausführung festlegen, Erarbeiten von Benutzerinstruktionen (Nutzungskonzept)

**Team:** Auftraggeber, Architekt, Fachplaner (vertreten durch ihren Fachbauleiter), Fachkoordinator, Unternehmer

Ogleich bereits bei der Projektierung mit der Materialwahl eine wichtige Entscheidung im Hinblick auf ökologische Auswirkungen getroffen wurde, ist eine präzise Vorgabe von ökologischen Kriterien bei der Ausschreibung von außerordentlicher Bedeutung. Die einzelnen Produkte unterscheiden sich in ihrer Lebenszyklusanalyse aufgrund unterschiedlicher Produktionsverfahren und -bedingungen (Energieversorgung, Filteranlagen etc.) erheblich. Eine weitere Komponente stellt der Transportvorgang (Transportmittel und Entfernung) dar.

Ähnliche Überlegungen gelten für die Bauleistungen auf der Baustelle. Hier können der Einsatz unterschiedlicher Baumaschinen und die indizierten Verkehrsflüsse eine Rolle spielen. Ökologische Leistungsnachweise der Unternehmer (z.B. Zertifizierungen gemäß Ökoaudit) können hierbei in Zukunft Anhaltspunkte liefern.

Besonderes Augenmerk sollte auf den umweltgerechten Umgang mit Baureststoffen und -abfällen gelegt werden.

In den Ausschreibungsunterlagen müssen die ökologischen Anforderungen so konkret festgelegt sein (eventuell spezielle Vorbemerkungen einfügen), daß deren Einhaltung während der Bauphase und nach der Fertigstellung überprüfbar ist.

In dieser Phase kann bereits ein Nutzungskonzept mit Benutzerinstruktionen erarbeitet werden. In diesem Konzept können neben Informationen über das ökologische Konzept und die Besonderheiten des Gebäudes konkrete Anweisungen zum Umgang mit den technischen Einrichtungen (Heizung/Lüftung, Beleuchtung, Sonnen- und Blendschutz, Betriebsgeräte), des Mobiliars (inkl. Pflanzen) und der Entsorgung von Abfällen enthalten sein. Ein weiterer Aspekt ist die Darstellung des Verkehrskonzepts (Anbindung an ÖPNV<sup>201</sup>, Parkplatzbewirtschaftung, Car-Sharing- und Mitfahr-Projekte).

Ähnliche Überlegungen gelten für das Reinigungskonzept. Auf Grundlage der bisherigen Planung können Leistungsbeschreibungen für die Reinigungssysteme und -intervalle, die einzusetzenden Geräte und Reinigungsmittel erfolgen und somit auch der Zeitbedarf und die Kosten ermittelt werden.

---

<sup>201</sup>ÖPNV = Öffentlicher Personen-Nah-Verkehr

### 5.8.5 Nutzung – HOAI: Objektbetreuung

**Aufgaben:** Objektbegehung zum Feststellen und Beseitigen von Mängeln innerhalb der Gewährleistungsfrist, Zusammenstellung einer Betriebsdokumentation aus den Planungsunterlagen (Wissenstransfer von der Planungs- in die Nutzungsphase), Betriebs- und Unterhalts-Pflichtenheft, Betriebsoptimierung, Optimierung von Reinigung und Entsorgung, langfristige Werterhaltung (Erneuerungsplanung), Sensibilisierung der Nutzer

**Team:** Auftraggeber, Architekt, Betreiber, technischer Dienst, evtl. zusätzliches Unterhaltspersonal, wünschenswert: Fachmann für Energie und Ökologie

Besondere Bedeutung für diese Projektphase haben die Betriebsoptimierung und die bauliche Erneuerung (siehe auch Kapitel 4.5), die bereits in früheren Phasen in entsprechenden Konzepten erarbeitet wurden und einer ständigen Kontrolle unterliegen sollten. Im Rahmen der Betriebsoptimierung müssen die Betriebsdaten (Betriebszeiten, Schalthäufigkeiten, Störungen, Eingriffe sowie Statistiken über Energie- und Wasserverbrauch) gemäß Meßkonzept erhoben und analysiert werden, um Abweichungen von den Zielvorgaben zu erkennen und die Ursachen (z.B. veränderte Nutzungen, Betriebsfehler oder Anlagendefekte, Benutzerverhalten) festzustellen. Darauf basierend können Optimierungspotentiale aufgezeigt und entsprechende Maßnahmen eingeleitet und im Anschluß daran auch eine Erfolgskontrolle durchgeführt werden.

Die Reinigungs- und Entsorgungskonzepte müssen gleichermaßen überprüft und ggf. an veränderte Bedingungen (z.B. in bezug auf Recyclingtechnologien) angepaßt werden.

Neben den Aufwendungen für Betrieb und Unterhalt sowie Reinigung und Entsorgung sind während der Nutzung Umwelteinwirkungen insbesondere durch das Nutzerverhalten zu erwarten. Unbeabsichtigtes Fehlverhalten kann durch gezielte Information über das Gebäude und die ökologischen Zusammenhänge reduziert werden (siehe auch Nutzungskonzept Kapitel 5.8.4). Darüber hinaus kann eine Motivation der Nutzer für ökologische Belange durch Anreize (z.B. separate Erfassung/Abrechnung von Energiekosten, Trinkwasserverbrauch, Abfallmengen etc.) erreicht werden.

### 5.8.6 Rückbau

**Aufgaben:** Rückbau-Pflichtenheft, Rückbaukonzepte entwickeln, vergleichen und optimieren

**Team:** Auftraggeber, Fachteam für Rückbau mit Fachmann für Ökologie, evtl. Behörden

Die Rückbauphase sollte von vornherein im Planungsprozeß berücksichtigt werden, da nur so ein Informationsfluß bis in diese Phase gewährleistet werden kann.

Die Planungsleistung Rückbau muß jedoch als eigenes Projekt angesehen werden, das wiederum in die einzelnen Planungsphasen

- Konzeptionelle Planung
- Projektierung
- Realisierung

unterteilt werden kann.

### 5.8.7 Fazit

Die Zusammensetzung des Planungsteams wird sich im Verlauf des Planungsprozesses ständig ändern. In aller Regel verfolgt nur der Auftraggeber (wenn er auch Betreiber und Nutzer ist) das Projekt von seinen ersten strategischen Überlegungen bis zum vollendeten Rückbau. Der Architekt und die Fachplaner begleiten das Projekt zwar von Anfang an, aber nur bis zur Übergabe an den Nutzer, Spezialisten werden oftmals nur für einzelne Projektphasen hinzugezogen.

Die Wissenstiefe nimmt mit Projektfortschritt ständig zu. Erst am Projektende sind alle Fakten bekannt. Gleichzeitig nimmt die Entscheidungsfreiheit und somit auch die Einflußmöglichkeit ständig ab. Diese Konstellation führt dazu, daß in den ersten Projektphasen die wichtigsten Entscheidungen getroffen werden, oftmals ohne Kenntnis der daraus resultierenden Konsequenzen. Hieraus werden die Bedeutung der frühen Projektphasen und die Notwendigkeit für auf diese Phasen ausgerichtete Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung ersichtlich.

Insgesamt zeigt sich, daß in jeder Projektphase Entscheidungen im Hinblick auf die Nachhaltigkeit des Gebäudes getroffen werden müssen. Deshalb ist es notwendig, die Phasen der Strategischen und der Konzeptionellen Planung sowie die Phasen der Nutzung und des Rückbaus in die Gesamtplanung ernsthaft mit einzubeziehen.



## 5.9 Planungsaspekte – Fazit

Aus der Analyse der Planungsaspekte in diesem Kapitel können zusammenfassend folgende Schlußfolgerungen in bezug auf die Nachhaltigkeit abgeleitet werden:

- Man kann eine Hierarchie aufzeigen, in der Nachhaltigkeitsaspekte durch die Projektbeteiligten in die Planung einfließen:
  1. gesetzliche (damit verbindliche) Rahmenbedingungen
  2. vertraglich verankerte Vorgaben durch den Auftraggeber
  3. persönliche Ziele der Projektbeteiligten
- Der Komplexität der Planungsaufgabe kann man nur im Team mit entsprechenden Planungsmethoden gerecht werden.
- Zielsetzungen und Anforderungen sollten in einem Pflichtenheft verbindlich verankert sein.
- Das Erreichen der Ziele und Anforderungen muß ständig überwacht werden.
- Die Vielfalt an Planungsgrundlagen und Planungswerkzeugen ist kaum überschaubar.
- Die Planungswerkzeuge müssen in den Planungsprozeß integriert werden und sollten projektbegleitend sein.
- Entscheidungen, die Einfluß auf die Nachhaltigkeit eines Gebäudes haben, werden in jeder Phase des Planungsprozesses getroffen.
- In den ersten Phasen sind die Auswirkungen am größten, die Informationen am geringsten.

Die "sicherste" Möglichkeit, Einfluß auf die nachhaltige Entwicklung des Baubereichs zu nehmen, besteht in der Anpassung der gesetzlichen Rahmenbedingungen, da diese verbindlich sind. Gleichzeitig ist dies jedoch auch diejenige, deren Umsetzung am schwierigsten und langwierigsten ist.

In die Planung konkreter Projekte können Ansätze zur Nachhaltigen Entwicklung durch entsprechende Vorgaben und Planungsmethoden mit einbezogen werden. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, daß der Projektverantwortliche (in aller Regel ist dies der Auftraggeber) konkrete Zielvorstellungen entwickelt, welchen ökologischen Maßgaben das Projekt entsprechen soll. Zu diesem Schritt können und sollten Experten als Berater hinzugezogen werden. Auf dieser Grundlage trifft er dann die Entscheidung über die anzuwendende Planungsmethode und Planungsinstrumente. Aufgrund der Komplexität, die eine Planungsaufgabe erlangt, wenn in ihr ökologische Zielsetzungen verfolgt werden, kommt nur eine integrale Planung im Team in Betracht. Die erste Aufgabe des Planungsteams besteht darin, gemeinsam die Zielvorstellungen des Auftraggebers zu einem Katalog einzelner Vorgaben zu konkretisieren und in einem Pflichtenheft zu verankern. Dieses gemeinsame Erarbeiten des Pflichtenhefts führt zu einem gleichen Informationsniveau der Planungsbeteiligten und zu einer Identifikation jedes Einzelnen mit den Zielsetzungen und somit zu einer höheren Motivation, diese Ziele zu erreichen. Damit sind die verschiedenen Einflußmöglichkeiten auf die Nachhaltigkeit des geplanten Objekts durch die Projektbeteiligten ausgeschöpft.

Neben den gesetzlichen Rahmenbedingungen gibt es eine Reihe von weiteren Planungsgrundlagen und Planungswerkzeugen, die dazu beitragen können, den Aspekt der Nachhaltigkeit in die Planung mit einfließen zu lassen. Diese Möglichkeiten müssen konsequent genutzt werden.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die ständige Kontrolle während des Planungsprozesses, ob die Entwicklung des Projekts das Erreichen der gesetzten Ziele und Anforderungen ermöglicht. Hierzu sollten alle Möglichkeiten zur Beurteilung des jeweiligen Planungsstands im Hinblick auf die ökologischen Ziele eingesetzt werden. Daraus läßt sich die Notwendigkeit von entsprechenden Bewertungswerkzeugen ableiten.

Der Einsatz der für das Projekt relevanten Planungsgrundlagen und Planungswerkzeuge (inkl. Kontrollverfahren für das Erreichen der Zielsetzungen) kann im Pflichtenheft verbindlich verankert werden. Weichen diese Vorgaben jedoch sehr von der üblichen Planungspraxis ab, besteht die Gefahr, daß die Planer darin einen unzumutbaren Mehraufwand sehen. Deshalb müssen die Planungswerkzeuge soweit möglich in bereits bestehende Planungsstrukturen integrierbar sein.

Da Entscheidungen, die Einfluß auf die Nachhaltigkeit eines Gebäudes haben, in jeder Phase des Planungsprozesses und dies in unterschiedlicher Form getroffen werden, wäre eine das gesamte Projekt begleitende Unterstützung hilfreich. Insbesondere für die ersten Projektphasen, in denen die wichtigsten Entscheidungen in bezug auf die Nachhaltigkeit getroffen werden, gibt es bisher kaum Unterstützung.

## 6 Modelle zur Unterstützung des Planungsprozesses

Im Kapitel 5.9 wurde die Notwendigkeit einer projektbegleitenden Unterstützung bei der Planung von Gebäuden unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit aufgezeigt. In diesem Kapitel werden die zwei wichtigsten Punkte behandelt:

1. die Navigation durch den Planungsprozeß und
2. Unterstützung der Entscheidungsfindung.

Für diese Punkte wurden von der Autorin Modelle zur Unterstützung durch EDV-gestützte Planungswerkzeuge entwickelt.

Unterkapitel 6.1 beschreibt die allgemeinen Grundlagen und Anforderungen an eine "Dynamische Projektcheckliste" als Planungswerkzeug zur Navigation durch den Planungsprozeß.

Das folgende Unterkapitel 6.2 zeigt die Anforderungen an ein projektbegleitendes Bewertungs- und Analysewerkzeug zur Unterstützung der Entscheidungsfindung und Ansatzpunkte zur Realisierung auf.

### 6.1 Dynamische Projektchecklisten als Grundlage der anforderungsorientierten Planung

In diesem Kapitel wird ein Modell für eine dynamische Projektcheckliste als Grundlage der anforderungsorientierten Planung entwickelt. Das Unterkapitel 6.1.1 stellt das zugrundeliegende Prinzip der Projektcheckliste als weiteres Planungsinstrument vor, Unterkapitel 6.1.2 beschreibt den allgemeinen Charakter von Checklisten und die einer Projektcheckliste zugrundeliegende spezielle Informationsstruktur, Unterkapitel 6.1.3 zeigt die Möglichkeiten der Erweiterung zu einem dynamischen Instrument.

#### 6.1.1 Prinzip der Projektcheckliste

Eine naheliegende Form der Navigation durch den Planungsprozeß ist die Anwendung von Checklisten. Checklisten stellen einfache Listen von Aufgaben dar, die auf einen bestimmten Planungsaspekt ausgerichtet sind, also ein bestimmtes Ziel verfolgen. Für die Unterstützung des Planungsprozesses ist es sinnvoll, eine Liste einzusetzen, die die zeitliche Abfolge der Planungsaufgaben abbildet.

Die Autorin schlägt die Integration einer Projektcheckliste als weiteres Planungsinstrument vor (siehe Abbildung 30). Im Mittelpunkt des Planungsprozesses steht dann die Projektcheckliste als Führungsinstrument, das den gesamten Ablauf des Projektes und die Verwendung der weiteren Instrumente steuert. Die Projektcheckliste enthält einen Fragen-/Maßnahmen-Katalog, der zu Beginn jedes Projektes überarbeitet und an die spezifischen Anforderungen angepaßt wird. Die Vorgaben für die Fragen/Maßnahmen werden durch den Auftraggeber unter Mithilfe der Projektleitung gemacht. Die einzelnen Checklistenpunkte werden dann soweit möglich für die gesamte Projektlaufzeit in Abstimmung mit dem Projektteam erarbeitet. Aufgrund der sich im Verlauf eines Projektes verändernden Bedingungen muß die Projektcheckliste jedoch für Anpassungen offen sein.

Durch diesen Fragen-/Maßnahmen-Katalog wird die anforderungsorientierte Struktur der Projektcheckliste abgebildet. Die einzelnen Einträge dieses Fragen-/Maßnahmenkatalogs – im weiteren als Aufgaben bezeichnet – sind nicht im Sinne von üblichen Planungsaufgaben zu sehen,

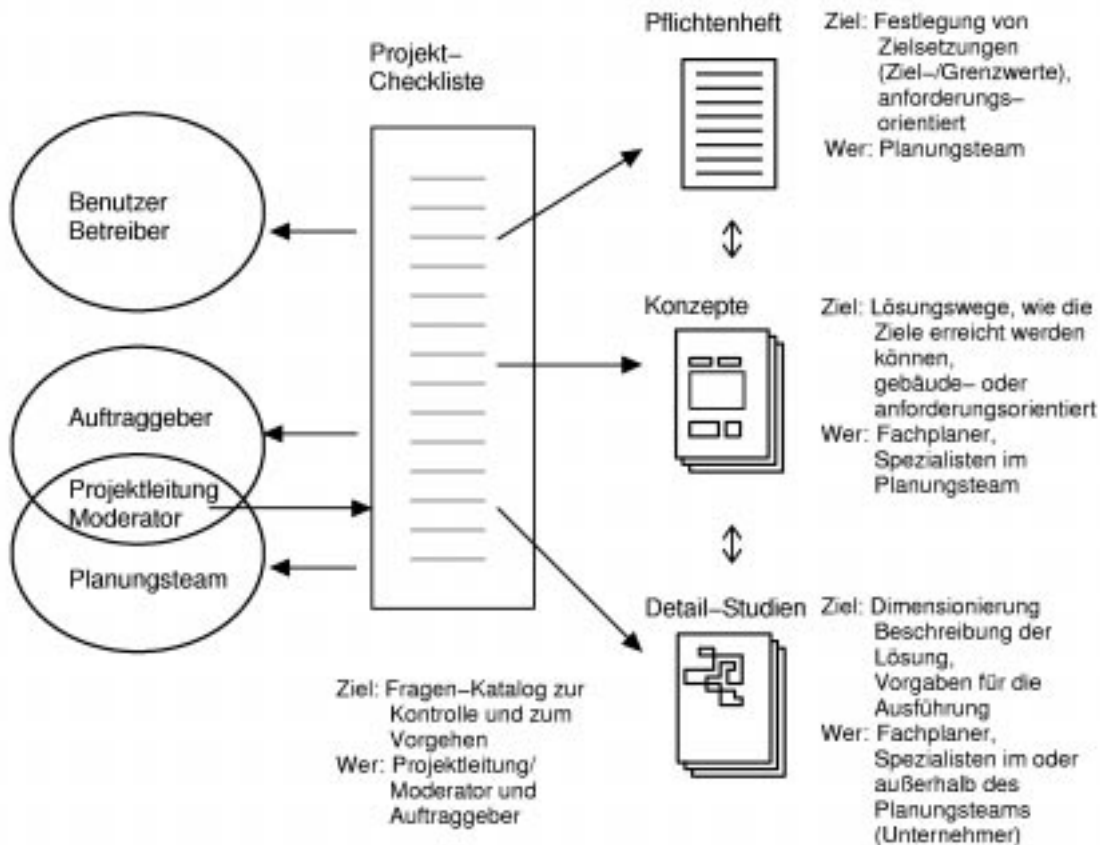


Abbildung 30: Beziehungen zwischen Planungsbeteiligten und Planungsinstrumenten

sondern in einem weiteren, auch auf die Projektplanung bezogenen Umfeld. Das bedeutet, daß beispielsweise auch die Festlegung von Zielwerten und die Fortschreibung des Pflichtenhefts, die Zusammenstellung des Teams oder die Überprüfung auf Einhaltung der Zielwerte explizit als Aufgaben formuliert werden (siehe auch Beispiel für konventionelle Projektcheckliste in Abbildung 31/32). In diesem Zusammenhang wird auch auf die dynamische Planung mittels Wertanalyse [WIEGAND 95] verwiesen, deren strukturelle Vorgehensweise mit den Punkten:

1. Vorbereitung
2. Situationsanalyse
3. Bedürfnisermittlung
4. Lösungssuche
5. Bewertung und
6. Ausarbeitung

in eine Projektcheckliste (ggf. für jede Planungsphase) integriert werden könnte.

Damit gibt die Projektcheckliste einen anforderungsorientierten Rahmen vor, innerhalb dessen der Planungsprozeß durch das Team organisiert werden kann. Die Projektcheckliste macht darüber hinaus keine Vorgaben über die Gestaltung der Projektorganisation.

Die einzelnen Aufgaben werden auf einer abstrakten Ebene den Planungsbeteiligten ihren Kompetenzen und Entscheidungsbefugnissen entsprechend zugeordnet. Das heißt, an die Aufgaben sind projektunabhängige Hinweise gekoppelt, welches Lösungswissen für die Bearbeitung notwendig ist. Diese dienen der Bildung von "Aufgabenteams" aus dem Planungsteam als Subteams, die mit der Lösung der Aufgabe betraut werden. Im Sinne einer integralen Planung muß bei

der Bildung dieser Subteams der Informationsfluß zum gesamten Planungsteam und ggf. die Einflußnahme durch dieses gewährleistet bleiben.

Die Projektcheckliste kann für jede Aufgabe bereits Hinweise auf Planungshilfsmittel, die zum Einsatz kommen können oder sollen, enthalten. Dies betrifft insbesondere die Verfahren zur Festlegung der Zielwerte und zur Kontrolle der Ergebnisse, die durch den Auftraggeber und/oder die Projektleitung vorgegeben werden können. Darüber hinaus erfolgen keine Vorgaben über Lösungswege. Diese werden innerhalb der Aufgabenteams erarbeitet.

Alle aus der Bearbeitung der Aufgaben resultierenden Ergebnisse (Zielsetzungen, Lösungsvorschläge, Resultate der Ergebniskontrolle und daraus abgeleitete Schlußfolgerungen) werden im Pflichtenheft dokumentiert.

Eine Projektcheckliste kann ohne weiteres um den Aspekt "Nachhaltigkeit im Bauwesen" erweitert werden, oder (wie in dem vorgestellten Beispiel) auch nur diesen betrachten und dann begleitend zum üblichen Planungsprozeß verwendet werden.

In einer Publikation des schweizerischen Amtes für Bundesbauten<sup>202</sup> findet sich eine auf Schweizerische Verhältnisse zugeschnittene Zusammenstellung der wichtigsten Schritte des Umweltmanagements, der Projektdokumentationen und der dafür einsetzbaren Werkzeuge für die verschiedenen Projektphasen.

Für ein noch nicht abgeschlossenes Projekt des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau wurde von der Autorin eine speziell die Belange der Nachhaltigkeit aufgreifende Beispiel-Projektcheckliste erstellt. Diese Projektcheckliste ist auf deutsche Verhältnisse ausgerichtet und enthält für alle Projektphasen eine Zusammenstellung der notwendigen Leistungen und Entscheidungen inkl. Ergebniskontrolle mit zusätzlichen Hinweisen und Referenzen auf Hilfsmittel zur Bearbeitung.

Im einzelnen wurden folgende Projektphasen (siehe auch Kapitel 5.8) betrachtet:

- Strategische Planung/Grundlagenermittlung
- Konzeptionelle Planung /Vorplanung
- Projektierung/Entwurfsplanung
- Projektierung/Genehmigungs- und Ausführungsplanung
- Realisierung /Vorbereitung und Mitwirkung bei der Vergabe
- Realisierung/Objektüberwachung
- Nutzung/Betrieb und Unterhalt
- Nutzung/Erneuerung
- Rückbau

Für jede Phase gibt es eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Fragestellungen und eine Zusammenstellung der zu erbringenden Leistungen und der notwendigen Entscheidungen sowie Möglichkeiten zur Kontrolle der Ergebnisse. Für jeden Eintrag werden Bezüge zu den Akteuren, die mit der Bearbeitung/Entscheidung betraut werden, zu erläuternden Hinweisen und zu Referenzen auf Planungshilfsmittel, die zur Bearbeitung eingesetzt werden können, hergestellt.

Ein Auszug aus dieser Projektcheckliste (Phase Projektierung – Entwurfsplanung) findet sich in Abbildung 31 und 32.<sup>203</sup>

---

<sup>202</sup>[AfB 96]

<sup>203</sup>Zur Lesart der Projektcheckliste: Jede Phase wird auf zwei sich gegenüberliegenden Seiten dargestellt. Auf der linken Seite (Teil 1) sind die Leistungen (oberer Abschnitt) sowie die Ergebnisse/Kontrollmöglichkeiten (unterer Abschnitt) nach Akteuren gegliedert dargestellt. Die rechte Seite (Teil 2) enthält zusätzliche Hinweise zur näheren Erläuterung und Referenzen auf Planungshilfsmittel, die zur Bearbeitung eingesetzt werden können.

## Projektierung Entwurfsplanung

Akteure	Stichpunkte	<input checked="" type="checkbox"/> Leistungen
Auftraggeber Projektleitung	Planungsteam	<input type="checkbox"/> Planungsteam anpassen
Benutzer/Betreiber	Projektpflichtenheft	<input type="checkbox"/> Nutzungsbedingungen für die einzelnen Räume konkretisieren Flexibilität für allgemeine Zonen, differenzierte Angaben für spezielle Räume
Planungsteam	Verkehrskonzept	<input type="checkbox"/> Verkehrskonzept erstellen
	Gebäudekonzept	<input type="checkbox"/> Auf Grundlage des Planungskonzepts räumliche Lösungsvarianten erarbeiten und bewerten
	Tragwerkskonzept	<input type="checkbox"/> Varianten für die Tragstruktur und die Hauptbauteile nach energetischen und ökologischen Kriterien bewerten
	Fassadenkonzept Bauphysikkonzept	<input type="checkbox"/> Plattform für die Nutzung passiver Systeme prüfen
	Energie- und Haustechnikkonzept	<input type="checkbox"/> Einsatz regenerativer Energien prüfen Systemvarianten für Haustechnik und Energieversorgung nach energetischen und ökologischen Kriterien beurteilen
	Wassernutzungs- konzept	<input type="checkbox"/> Wassersparmaßnahmen prüfen, Varianten für Substitution aufzeigen
	Entsorgungskonzept für Bauschutt	<input type="checkbox"/> Ökologische Vorgaben für Rückbau bestehender Gebäude, Aushub sowie Bauteilorganisation und -entsorgung erstellen
	Umweltverträglich- keitsprüfung	<input type="checkbox"/> Umweltverträglichkeitsprüfung durchführen
QM-Pläne	<input type="checkbox"/> Anforderungen des Auftraggebers in den ökologischen Schwerpunkten der Projektierung umsetzen	
<b>Ergebnisse</b>		
Kontrolle der Ergebnisse	Projektpflichtenheft	<input type="checkbox"/> Kontrolle, ob die Vorgaben eingehalten werden. Falls dies nicht der Fall ist, müssen die Konzepte optimiert oder ggf. die Vorgaben korrigiert werden
	Stoff- und Energiebilanz, Wasserbilanz, Kostenschätzung	<input type="checkbox"/> Vergleich mit Kennzahlen
Entscheidungen	Projektpflichtenheft	<input type="checkbox"/> Erweiterungen im Projektpflichtenheft durch Erkenntnisse aus den Konzepten genehmigen
	Planungskonzept	<input type="checkbox"/> Planungskonzept inkl. Kostenberechnung unter Berücksichtigung der ökologischen Zielsetzung genehmigen

Abbildung 31: Projektcheckliste – Auszug, Teil 1

Weiche Umweltwirkungen gehen vom Projekt aus?  
Sind die einzelnen Konzepte (Verkehr, Gebäude, Energie und Haustechnik, Entsorgung etc.)  
aufeinander abgestimmt?

Hinweise	Referenzen
Personenbelegung, Gerästelasten, Anforderungen an Beleuchtung (Tageslicht/Kunstlicht), Bedarf an Lüftungstechnischen Anlagen z.B. EDV-Räume, Versammlungsräume, Reinräume	DIN 5034, DIN 5035 Arbeitsstättenrichtlinien
Anbindung an öffentlichen Verkehr, Lösungsmöglichkeiten für zurückhaltende Erschließung durch Individualverkehr, Parkraum Gebäudeform (A/V-Verhältnis, Raumtiefe, Raumhöhe, Lichthöfe, Atrien, Anzahl Untergeschosse) und Orientierung Voraussetzungen für den Einsatz von erneuerbaren Energien, Voraussetzungen für Wasserhaushalt und Begrünung Lebensdauer, mögliche Erneuerungsmaßnahmen, Ermittlung der Energie- und Stoffflußbilanz der Hauptbauteile des Gebäudes Beurteilung nach ökologischen Gesichtspunkten Tageslichtnutzung (Fenstergröße, Verglasung, Raumhöhe und -tiefe, Oberflächenbeschaffenheit) Schutz vor sommerlicher Überhitzung (Sonnenschutz, thermisch wirksame Speichermasse, Durchlüftung, Raumordnung) Wärmedämmung und -speicherung, Wärmebrücken aktiver und passiver Schallschutz Sonnenkollektoren, Photovoltaik, Erdwärmennutzung, Lüftungsanlagen (kurze Versorgungswege, Anordnung der Kanäle und Zentralen) Regenwassernutzung, Grauwassernutzung, Abwasserbehandlung, kurze Leitungswege Lärm, Boden, Wasser, Transportwege, Altlasten, Entsorgung nach Abfallkategorien, Störfälle	ECOPRO DIN 5034, AMEV-Richtlinie, Tageslichtsimulation, Thermische Gebäudesimulation, WSVO, DIN 4108, VDE 4100, <i>Projekthilfe SIA 380/1, SIA D 0123</i> Arbeitshilfen Recycling des BMBau, SIA 430, <i>Recycling Bauabfälle</i> <i>UVP-Handbuch</i>
Qualitätsziele (Absicht), Qualitätskriterien (Sollwerte, Toleranzen), Maßnahmen (technisch, organisatorisch), Kontrollplan	PQM
	DIN 276, DIN 277, WSVO, ECOPRO

Abbildung 32: Projektcheckliste – Auszug, Teil 2

### 6.1.2 Charakter von Checklisten

Die folgende Beschreibung betrifft den Charakter von Checklisten allgemein und die Anwendung auf den Planungsprozeß im speziellen. Es werden die grundlegenden Strukturen beschrieben, die Zielsetzung der Checkliste drückt sich in ihren Inhalten aus.

Eine Checkliste kann prinzipiell unter zwei Aspekten betrachtet werden:

1. Information

Die Darstellung der einzelnen Punkte auf der Checkliste stellen im Idealfall eine vollständige Information dessen dar, was in der konkreten Situation zu beachten ist.

2. Verwaltung

Die Kennzeichnung bereits berücksichtigter Punkte (Abhaken, Durchstreichen etc.) kann als einfacher Akt der Verwaltung angesehen werden.

Unter dem Aspekt Information verbirgt sich eine vielschichtige Struktur, die im folgenden für eine baubezogene Projektcheckliste näher dargestellt wird. Der zentrale Bestandteil jeder Checkliste sind die Listeneinträge – im Fall der Projektcheckliste die Aufgaben in Form von detaillierten Fragen/Maßnahmen. Deshalb werden die Aufgaben auch für die folgende Betrachtung in den Mittelpunkt gerückt.

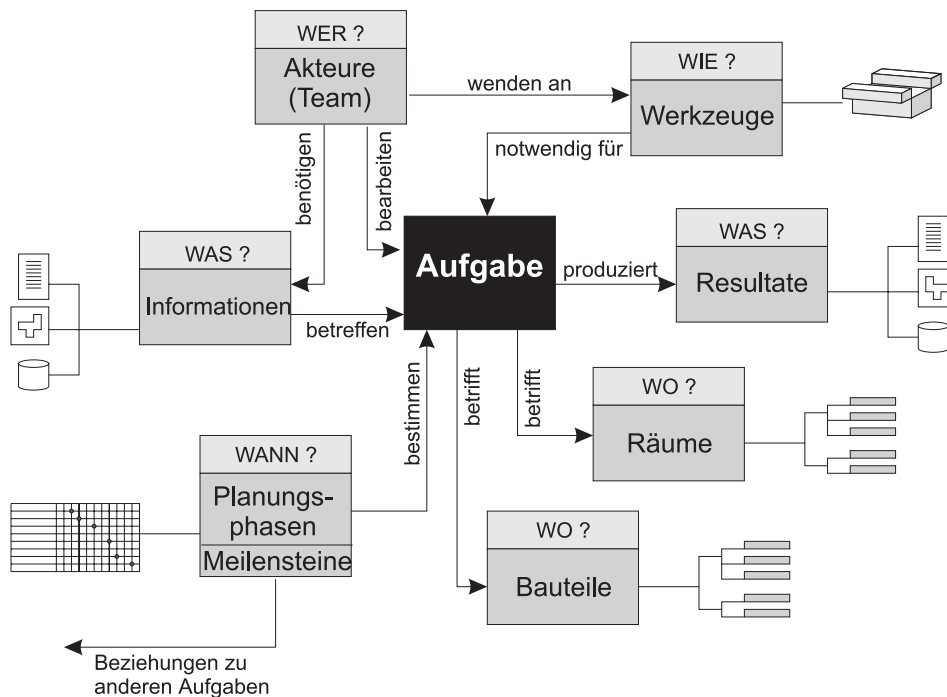


Abbildung 33: Aufgaben der Projektcheckliste und mit ihnen verknüpfte Informationen

Vereinfacht dargestellt sind die mit einer Aufgabe verknüpften Informationen:

**wann?** Zu welchem Zeitpunkt muß die Aufgabe bearbeitet werden?

**wer?** Welche Akteure betrifft die Aufgabe?

**wo?** Welche Komponente eines Gebäude ist durch die Aufgabe betroffen?

**was?** Genaue Erläuterung der Aufgabe, zusätzliche Informationen, resultierende Ergebnisse

**wie?** Welche Werkzeuge stehen für die Bearbeitung zur Verfügung?



In der Realität haben auch die Informationen hinter den Fragen “wann?”, “wer?”, “was?”, “wo?” und “wie?” komplexen Charakter und können miteinander in Beziehung stehen.

**wann?** Die Frage, wann eine Aufgabe bearbeitet werden muß, läßt sich für viele Aufgaben nicht projektunabhängig beantworten. Es ist zwar im Regelfall eine eindeutige Zuordnung zu einer Planungsphase möglich und damit auch eine grobe Strukturierung, aber im Detail muß für diese Frage die Abhängigkeit von anderen Aufgaben berücksichtigt werden. Das heißt, manche Aufgaben können erst ausgeführt werden, wenn andere bereits erledigt sind oder bestimmte planungsunabhängige Voraussetzungen erfüllt sind. Dieser Aspekt sollte in einer dynamischen Projektcheckliste berücksichtigt werden. Bestimmte Fragestellungen tauchen in jeder Planungsphase erneut mit unterschiedlicher Genauigkeit auf (z.B. die Frage, ob die Vorgaben im Pflichtenheft durch das derzeitige Gebäudekonzept noch erfüllt werden können). Im Sinne dieser Projektcheckliste ist dies jedesmal eine eigenständige Aufgabe.

**wer?** Die Frage, wer für eine Aufgabe zuständig ist, muß ebenfalls differenziert betrachtet werden. Zum einen gibt es die Verantwortung für die Aufgabe und zum anderen die Bearbeitung der Aufgabe. Die Verantwortung für die Aufgabe hängt von den Entscheidungsbefugnissen und damit von der Auftragsstruktur und der projektinternen Organisationsstruktur ab, in der sich die Planungsbeteiligten befinden. Die Bearbeitung der Aufgabe sollte an die Kompetenzen gebunden sein. Im Sinne einer integralen Planung werden in der Regel mehrere Mitglieder des Teams als Subteam oder das ganze Team zusammenarbeiten. Ein weiteres Kriterium im konkreten Projekt sind die verfügbaren Ressourcen (Zeit und technische Ausstattung) der einzelnen Projektbeteiligten. Hier gibt es einen Bezug zu der Frage “wann?” und ggf. zu der Frage “wie?”.

**was?** Hinter der Frage “was?” verbirgt sich eine Konkretisierung der Aufgabe, die in einer Checkliste aus Gründen der Übersichtlichkeit nur in “Kurzform” formuliert sein sollte. Ferner können sowohl zusätzliche Informationen, die bei der Bearbeitung hilfreich sind, als auch die aus der Bearbeitung resultierenden Ergebnisse unter der Fragestellung “was?” betrachtet werden.

**wie?** Die Frage “wie?” kann Hinweise auf bekannte Planungswerkzeuge geben oder die Anwendung eines bestimmten Werkzeugs fordern.

**wo?** Die Beantwortung der Frage “wo?” betrifft die Lokalisierung der Auswirkungen im Gebäude, d.h. es wird eine Aussage darüber gemacht, welche Komponente des Gebäudes von dieser Aufgabe betroffen ist. Abhängig von der Aufgabe kann diese Frage sowohl auf verschiedenen Ebenen (Detaillierungsstufen) als auch innerhalb verschiedener Gliederungen (Raum/Element) beantwortet werden.

Die “klassische” Checkliste in Papierform kann beiden Aspekten (Information und Verwaltung) nicht mehr gerecht werden, sofern sie bei komplexen Strukturen angewendet werden soll. Bei der Planung von Gebäuden liegen, wie in Kapitel 5 dargestellt, derartige komplexe Strukturen vor. Insbesondere für den Aspekt Information zeigt sich, daß viele Aufgaben nicht projektunabhängig definiert werden können bzw. in allgemeingültiger Form stark an Aussagekraft verlieren. Dies betrifft im wesentlichen die Fragestellungen, wann eine Aufgabe zu bearbeiten ist und wer für die Bearbeitung zuständig ist. Darüber hinaus gibt es keinen Fragen-/Maßnahmen-Katalog, der für alle Planungsaufgaben Gültigkeit besitzt.

### 6.1.3 Erweiterung zu einem dynamischen Planungsinstrument

Die folgenden Ausführungen zeigen Möglichkeiten auf, wie Weiterentwicklungen der Projektcheckliste aussehen können, um der Komplexität der Gebäudeplanung gerecht zu werden. Dabei wird von einer EDV-gestützten Lösung auf der Basis einer Datenbank mit den einzelnen Checklistenpunkten (Aufgaben) ausgegangen.

#### Aspekt Information

Für die weiteren Überlegungen stellen sich folgende Fragen:

1. *“Für wen sind die an eine Aufgabe gekoppelten Informationen wichtig?”*
2. *“Wie müssen die Informationen strukturiert sein?”*

Die erste Frage läßt sich folgendermaßen beantworten:

Checklisten werden mit einer bestimmten Zielsetzung aufgestellt. Die im Rahmen dieser Arbeit diskutierte Projektcheckliste hat das Ziel, den Planungsprozeß im Hinblick auf die Nachhaltigkeit des Gebäude zu beeinflussen. Ein wesentlicher Aspekt der integralen oder teamorientierten Planung ist die gemeinsame Festlegung der Planungsziele (siehe auch Kapitel 5.4.2). Dies setzt voraus, daß alle Teammitglieder ein Mindestmaß an Kenntnissen über Grundlagen dieser Planungsziele und deren Umsetzung besitzen. Daraus folgt, daß **alle** Teammitglieder ein allgemeines Interesse an **allen** Punkten auf der Projektcheckliste haben müssen. Darüber hinaus hat jeder ein aus seiner Sicht resultierendes spezielles Interesse.

Damit wird die zweite Frage beantwortet:

Für den Projektsteuerer, der für den Ablauf der Planung verantwortlich ist, muß die Checkliste in erster Linie nach dem “wann?” und in zweiter Linie nach dem “wer?” strukturiert sein. Dies ermöglicht ihm den Einsatz der Projektcheckliste, um zu jedem Zeitpunkt Informationen über die als nächstes erforderlichen Maßnahmen zu erlangen. Dabei werden ihm der Kontext des gesamten Projekts und die Zuordnung der Maßnahmen zu den einzelnen Akteuren aufgezeigt. Für die anderen Projektbeteiligten, die jeweils an der Bearbeitung einiger Aufgaben beteiligt werden, steht die Frage “wer?” und in zweiter Linie “wann?” im Vordergrund. Eine an diese Fragestellung angepaßte Struktur ermöglicht eine gezielte Eingrenzung auf die für den Einzelnen relevanten Maßnahmen in einer zeitlichen Abfolge.

Für einen allgemeinen Überblick sollte eine Checkliste möglichst intuitiv zu erfassen sein, der Schwerpunkt wird mehr auf den Fragen “was?”, “wo?” und “wie?” liegen.

Daraus können folgende Ansätze für eine dynamische Projektcheckliste abgeleitet werden:

1. Es wird eine Datenbank erstellt, die möglichst umfassend die einzelnen, aus der Sicht der nachhaltigen Entwicklung erforderlichen, Planungsaufgaben mit allen oben beschriebenen Informationen enthält. Diese Datenbank muß durch den Nutzer erweiterbar sein. Sie muß so organisiert sein, daß er zur weiteren Bearbeitung daraus einen Auszug derjenigen Aufgaben erstellen kann, die für sein konkretes Projekt relevant sind.
2. Für eine gezielte Darstellung der Aufgaben nach verschiedenen durch den Nutzer vorgegebenen Strukturen (z.B. für die Frage des Projektsteuerers: *“Wann müssen welche Aufgaben durch wen ausgeführt werden?”* oder des Planers: *“Was muß ich wann tun?”*) müssen Filterfunktionen mit entsprechenden logischen Verknüpfungen (und/oder) unterstützt werden. Vorgeschlagen werden Filter für die einzelnen Projektphasen, für die Akteure und für die betroffenen Gebäudekomponenten.

3. Die Abhängigkeiten der einzelnen Aufgaben untereinander innerhalb einer Planungsphase müssen abbildbar sein. Dazu schlägt die Autorin folgendes Vorgehen vor (Abbildung 34):

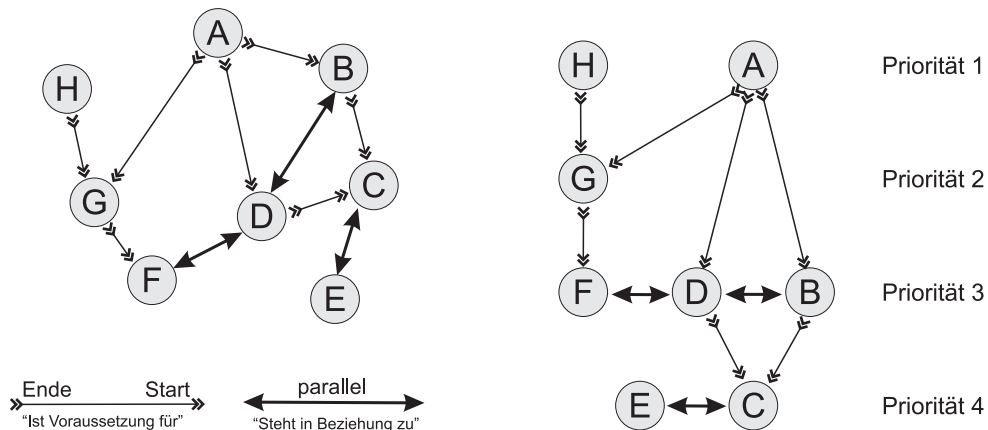


Abbildung 34: Abhängigkeitsbeziehungen von Aufgaben

Jede Aufgabe kann mit beliebig vielen anderen Aufgaben verknüpft werden durch eine "Ist-Voraussetzung-für"-Abhängigkeit und/oder eine "Steht-in-Beziehung zu"-Abhängigkeit. Dabei bedeutet die "Ist-Voraussetzung-für"-Abhängigkeit (Ende-Start-Beziehung), daß die Ziel-Aufgabe dieser Verknüpfung erst angefangen werden kann, wenn die Ausgangs-Aufgabe beendet wurde.

Mit der "Steht-in-Beziehung-zu"-Abhängigkeit können Wechselwirkungen zwischen einzelnen, gleichzeitig (parallel) zu bearbeitenden Aufgaben dargestellt werden.

Für die Darstellung der logischen Abfolge werden diese Abhängigkeiten analysiert und Prioritäten für die einzelnen Aufgaben vergeben. Je mehr Abhängigkeitsbeziehungen des Typs "Ist-Voraussetzung-für" eine Aufgabe besitzt, desto höher ist ihre Priorität. Aufgaben, die durch eine "Steht-in-Beziehung-zu"-Abhängigkeit verknüpft sind, müssen gleiche Prioritäten erhalten. Die Darstellung erfolgt dann in der Reihenfolge der Prioritäten. Aufgaben gleicher Prioritäten können nach anderen Kriterien sortiert werden. Abbildung 34 zeigt auf der linken Seite schematisch die Verknüpfung der Aufgaben A bis H mit den oben beschriebenen Abhängigkeiten und rechts die daraus resultierenden Prioritäten.

4. Die dynamische Projektcheckliste präsentiert sich mit einer intuitiv zu bedienenden grafischen Benutzeroberfläche. Zusätzlich zu den jeweils aktuell dargestellten Daten gibt es Verknüpfungen mit weitergehenden Informationen (z.B. zu den vorgeschlagenen Planungswerkzeugen). Diese Verknüpfungen sollten so organisiert sein, daß keine gerichtete Programmablauf-Struktur vorgegeben ist, sondern der Benutzer sich von einem Punkt zum nächsten "klicken" und diesen Weg auch wieder zurückverfolgen kann.

Mit der Realisierung dieser Ansätze leistet die dynamische Projektcheckliste einen wesentlichen Beitrag zu den oben beschriebenen Anforderungen an den Aspekt "Information". Die Erweiterung der Funktionalität um den Aspekt "Verwaltung" wird im folgenden Kapitel beschrieben.

## Aspekt Verwaltung

Die Möglichkeiten der Verwaltung von Aufgaben gehen weit über das hinaus, was eine klassische Checkliste erfüllen kann. Für den konkreten Fall der Projektcheckliste werden für folgende Funktionen Lösungsansätze aufgezeigt:

1. Kennzeichnung des Bearbeitungsstatus einer Aufgabe  
Die einzelnen Aufgaben werden im Hinblick auf ihren Bearbeitungsstatus markiert (z.B. farblich gekennzeichnet). Diese Kennzeichnung wird laufend aktualisiert, Änderungen ggf. mit Datum dokumentiert. Im Verlauf des Planungsprozesses verändert sich der Bearbeitungsstatus wie folgt:
  - (a) Aufgabe kann noch nicht bearbeitet werden, weil die Bearbeitung anderer Aufgaben Voraussetzung dafür ist.
  - (b) Aufgabe kann bearbeitet werden, die Bearbeitung wurde noch nicht angefangen.
  - (c) Aufgabe wird bearbeitet.
  - (d) Bearbeitung der Aufgabe ist abgeschlossen.
2. Dokumentation der Ergebnisse der bearbeiteten Aufgaben  
Zu jeder Aufgabe wird dargestellt, wo die Ergebnisse oder Zwischenergebnisse dokumentiert sind (z.B. in einem externen Pflichtenheft). Falls möglich wird dieses Dokument direkt mit der Checkliste verknüpft (ein "Link" darauf erstellt).
3. Zuordnung von real am Projekt Beteiligten zu den einzelnen Aufgaben  
Wie bereits im vorigen Abschnitt dargestellt, kann eine globale Zuordnung derjenigen, die mit einer Aufgabe betraut werden sollen, nicht erfolgen. Als Grundlage für diese Zuordnung sollten in der Datenbank für die Aufgaben lediglich Erfordernisse in bezug auf die Kompetenzen und die Entscheidungsbefugnisse formuliert sein. Die Zuordnung muß für das konkrete Projekt durch die Projektleitung in Abstimmung mit dem Team erfolgen. Dies kann durch die dynamische Projektcheckliste unterstützt werden, indem zunächst die tatsächliche Teamstruktur mit konkreten Personen und ihren Kompetenzen abgebildet wird und dann im Sinne einer Teambildung Verbindungen zwischen diesen und den Aufgaben hergestellt werden.  
Für weitergehende Analysen von Informationsbeziehungen und daraus abgeleiteten Ansätzen zum Bilden von Arbeitsgruppen auf der Basis von Kompetenzzentren wird auf das Forschungsprojekt INFOLOG<sup>204</sup> verwiesen.

Die Umsetzung dieser Lösungsansätze führt zu einem Planungswerkzeug, das die Navigation durch den Planungsprozeß unter besonderer Berücksichtigung einer bestimmten Zielsetzung ermöglicht. Die oben skizzierte dynamische Projektcheckliste enthält mit der Aufgabenplanung, der Ablaufplanung und der Aufgabenverteilung im Team Teilaspekte des Projektmanagements (siehe auch Kapitel 5.7.6). Im Unterschied zu den Software-Produkten, die in diesem Bereich auf dem Markt verfügbar sind, ist sie jedoch kontextbezogen, d.h. sie betrachtet das Projekt (ausschließlich) aus der Sicht der ökologischen Nachhaltigkeit. Der Kontextbezug ist ein wesentlicher Bestandteil des Prinzips der dynamischen Projektcheckliste. Wie bereits in Kapitel 6.1.1 erwähnt, könnte eine dynamische Projektcheckliste jedoch auch mehrere Kontexte abbilden.

Eine weitergehende Funktionalität würde durch den Aufbau einer Beziehungsstruktur zwischen allen am Projekt Beteiligten und insbesondere zwischen den mit einer Aufgabe Beschäftigten

---

<sup>204</sup>[INFOLOG 97]

erreicht werden. Dies steht in engem Zusammenhang mit Kommunikationsstrukturen im Planungsteam und der Unterstützung durch Plattformen für die integrale Planung. Diese Themen sind Bestandteil des Verbundprojektes REGENER II/INTESOL<sup>205</sup> und laufender Arbeiten<sup>206</sup> am Institut für Industrielle Bauproduktion der Universität Karlsruhe (TH) und werden hier nicht weiter ausgeführt.

#### 6.1.4 Fazit

Das größte Problem im Zusammenhang mit einer Projektcheckliste als Führungsinstrument liegt in der Erstellung derselben. Aufgrund der schwierigen Überschaubarkeit der gesamten Projektlaufzeit zu Beginn des Projektes erfordert es viel Erfahrung, eine derartige Projektcheckliste zu erstellen. Die dynamische Projektcheckliste bietet bei dieser Erstellung Unterstützung.

Es stellt sich weiterhin die Frage nach der Veränderlichkeit der Projektcheckliste im Laufe des Projektes, um neu entstandene Erkenntnisse berücksichtigen zu können. Wieviel Veränderungen verträgt ein Führungsinstrument ohne eben diese "Führungsfunktion" zu verlieren?

Unter der Voraussetzung, daß die Checkliste vollständig ist bzw. die Aufgaben alle Aspekte abdecken, ist durch ein derartiges Vorgehen gewährleistet, daß die notwendigen Überlegungen in bezug auf die Nachhaltigkeit des Gebäudes auch zum richtigen Zeitpunkt erfolgen und entsprechend Einfluß auf die Planung haben.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist die Verknüpfung der dynamischen Projektcheckliste mit anderen Instrumenten/Plattformen zur Unterstützung des Planungsprozesses. Obwohl die dynamische Projektcheckliste auch als "Stand-alone"-Instrument eine sinnvolle Unterstützung des Planungsprozesses darstellt, wäre die Integration in einer das gesamte Umfeld der Projektplanung und des Projektmanagements abdeckenden Planungsplattform natürlich wünschenswert. Bisher wurden einzelne Aspekte einer derartigen Planungsplattform in Forschungsprojekten wie INFOLOG, INTESOL, REGENER<sup>207</sup> bearbeitet. Die Zusammenführung der Resultate dieser Projekte zu einer Gesamtlösung wird Aufgabe kommender Forschungsprojekte sein.

---

<sup>205</sup> siehe Planungsplattform - Forschungsprojekt REGENER II/INTESOL

<sup>206</sup> siehe Kooperationsmodell - Dissertation Christian Müller [MÜLLER C. 99]

<sup>207</sup> siehe Zusammenstellung der Projekte

## 6.2 Projektbegleitendes Bewertungs- und Analysewerkzeug

Wie in Kapitel 5.8 deutlich ersichtlich, müssen im Verlauf eines Projekts immer wieder Entscheidungen darüber getroffen werden, welche Variante eines Planungskonzepts in den frühen Phasen oder welche Entwurfsvariante bzw. Ausführungsvariante in den späteren Phasen zur weiteren Bearbeitung verwendet werden soll. Zur Unterstützung dieser Entscheidungsfindung ist es sinnvoll, die objektiven, weil quantifizierbaren, Kriterien durch entsprechende Berechnungen heranzuziehen.

Dieses Kapitel beschreibt ein Projektbegleitendes Bewertungs- und Analysewerkzeug zur Unterstützung der Planung. Dabei wird im Unterkapitel 6.2.1 zunächst eine Vision über dieses Werkzeug aufgezeigt, Unterkapitel 6.2.2 beschäftigt sich mit den konkreten Fragen und Faktoren, die in den einzelnen Projektphasen für ein derartiges Werkzeug relevant sind. Die Unterkapitel 6.2.3, 6.2.4 und 6.2.6 sind der Darstellung einzelner Prinzipien gewidmet, die Grundlage dieses Werkzeugs sind. Unterkapitel 6.2.7 zeigt schließlich Voraussetzungen für die Umsetzung in konkrete Software auf, Unterkapitel 6.2.8 die Erfahrungen mit der Anwendung von Prototypen eines derartigen Werkzeugs.

### 6.2.1 Vision

Das ideale Instrument zur Unterstützung des Planungsprozesse wäre ein "Experte" auf dem Gebiet der Ökologie (selbstverständlich möglichst auch auf allen anderen Gebieten), der zu jedem Zeitpunkt eines Projektes die folgende Frage beantworten könnte:

*"Von dem zu planenden Gebäude sind folgende Eigenschaften bekannt. Wie sieht der nächste Schritt aus, um die festgelegten Ziele mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erreichen?"*

Diese Frage kann vermutlich auch kein noch so erfahrener menschlicher Experte mit Sicherheit beantworten – ein rechnergestütztes Expertensystem muß – selbst wenn man von einer idealen Datenbank mit Fachkenntnissen im Hintergrund ausgeht – zwangsläufig an der Unschärfe der Frage scheitern.

Deshalb wird die Frage präzisiert:

*"Von dem zu planenden Gebäude sind folgende Eigenschaften bekannt. Es gibt folgende Konzepte der Weiterentwicklung. Welche sind die Besten und sollen weiter verfolgt werden?"*

Mit dieser Präzisierung geschehen zwei wesentliche Dinge:

1. Es existieren Varianten unter denen ein Vergleich hergestellt werden kann. Dieser Vergleich ist in jedem Fall möglich. Es stellt sich hier nur die Frage nach dem Aufwand und ob dieser Vorgang in eine für Computer verwertbare Struktur gebracht werden kann.
2. Der Fragende – also der Planer – gibt die Varianten vor. Die Verantwortung für die Varianz der möglichen Planungskonzepte liegt bei ihm.

Dabei kann man sich darüber streiten, was "das Beste" in diesem Sinne bedeutet. Für die Betrachtung eines einzigen Aspekts kann darauf eine Antwort (für die Kosten ist richtig = geringe Kosten) auf der Basis der quantifizierbaren Kriterien gegeben werden. Wie jedoch bereits in den Kapiteln 3.1.4 und 4.2.4 ausgeführt, ist eine Gesamtgregation verschiedener Bewertungsgrößen

für Gebäude äußert umstritten. Ein Ansatz zur Lösung dieses Problems wird im Kapitel 6.2.4 aufgezeigt.

Neben der Frage nach dem besten Konzept stellt sich auch die Frage: *“Weshalb ist das eine Konzept besser als das andere?”* Die Frage nach dem besten Konzept spricht die Bewertungsfunktion, die Frage nach dem Warum die Analysefunktion des Planungswerkzeugs an. Eine Antwort auf die Frage Warum ermöglicht dem Planer, die Bewertungen seiner Konzepte zu verstehen, und ist damit Voraussetzung für eine Optimierung derselben.

### 6.2.2 Konkrete Fragestellungen und Faktoren in den einzelnen Projektphasen

Der folgende Abschnitt ist den wesentlichen Fragestellungen jeder Projektphase gewidmet, die für eine quantitative Bewertung relevant sind. Dabei ist es unerheblich, welche Konzepte jeweils zu den unterschiedlichen Varianten geführt haben. Die Fragestellungen sind auf die direkt am Gebäude(projekt) ablesbaren Auswirkungen beschränkt. Für die rein quantitative Bewertung ist es nämlich egal, ob beispielsweise 5 m<sup>2</sup> mehr Fensterfläche auf das Fassadenkonzept, das Energiekonzept oder einfach auf das gestalterische Konzept zurückzuführen sind.

Im folgenden werden die relevanten Projektphasen<sup>208</sup> Strategische Planung, Konzeptionelle Planung und für die Projektierungsphase die Teilphasen Entwurfs- und Ausführungsplanung betrachtet.

Für die einzelnen zu bewertenden Lebenszyklusphasen des Gebäudes werden jeweils die für die Bewertung entscheidenden Faktoren aufgezeigt. Dabei werden die Lebenszyklusphasen Erstellung, Nutzung und Rückbau betrachtet, die Lebenszyklusphase Nutzung wird für die Teilbereiche Energie, Verbrauchsmaterialien und Erneuerung/Unterhalt jeweils separat analysiert. In den ersten zwei Projektphasen werden zusätzlich die während der Nutzung indizierten Verkehrsströme berücksichtigt, da diese durch die verschiedenen Konzepte in diesen Phasen beeinflusst werden können.

In der Projektphase Realisierung geht es zunächst um die Auswahl von Produkten und Bauunternehmen, die den ökologischen Vorgaben am besten entsprechen und danach um die Überwachung, daß diese Vorgaben (z.B. Entsorgung von Baustoffresten und Abfällen) eingehalten werden. Diese Planungsleistungen sind im Hinblick auf die ökologische Nachhaltigkeit überwiegend unabhängig vom konkreten Objekt und können deshalb in einer allgemeinen Maßnahmenliste (siehe auch dynamische Projektcheckliste Kapitel 6.1) gut erfaßt werden. Sie werden deshalb durch das beschriebene Planungswerkzeug nicht unterstützt.

Damit ist die eigentliche Planung des Gebäudes abgeschlossen. Für die nun folgenden Projektphasen sind andere Fragestellungen von Interesse, die ebenfalls nicht Gegenstand dieses Planungswerkzeugs sind.

Die Darstellung der einzelnen Projektphasen im folgenden Abschnitt ist gegliedert in:

1. die wesentlichen Fragen,
2. eine kurze Beschreibung der Ansatzpunkte für die quantitative Bewertung ökologischer Kriterien und
3. eine tabellarische Darstellung der wesentlichen Faktoren, die Berücksichtigung finden. Diese Tabelle enthält für die oben erwähnten Lebenszyklusphasen jeweils in der ersten Spalte die aufgrund des Planungsstands bekannten Eigenschaften des Gebäudes, in der zweiten

---

<sup>208</sup>Hier ist auf die strikte Trennung zwischen Projektphasen und Lebenszyklusphasen zu achten. Die Projektphasen betreffen die unterschiedlichen Phasen, die in der Projektierung eines Gebäudes durchlaufen werden müssen und schließen damit die eigentlichen “Planungsphasen” ein. Die Lebenszyklusphasen beziehen sich auf das Gebäude selbst.

Spalte die daraus abgeleiteten Größen für die Bewertung und in der dritten Spalte die Art, wie diese Ableitung erfolgt, und damit eine Einstufung in die Qualität.

Für die Art der Ermittlung werden dabei folgende Abstufungen verwendet:

**bekannter Wert:** Der Wert kann direkt aus den Planungsunterlagen entnommen werden oder ist aus anderer Quelle bekannt.

**berechneter Wert:** Der Wert wird durch eine schlüssige Ableitung aus anderen Werten ermittelt (z.B. durch Anwendung anerkannter Berechnungsregeln).

**Kennwert:** Der Wert wird durch statistische Auswertung ähnlicher Komponenten abgeleitet (siehe auch Kapitel 6.2.6).

**Schätzwert:** Der Wert wird durch den Nutzer auf der Basis seiner Erfahrung angenommen (da keine Kennwerte vorliegen und Berechnungen nicht möglich sind).

Neben den quantifizierbaren Größen gibt es eine Reihe von Faktoren, die ebenfalls Einfluß auf die ökologische Nachhaltigkeit eines Gebäudes haben z.B. die Behaglichkeit/das Wohlbefinden der Nutzer eines Gebäudes. Diese können jedoch in einem Bewertungsverfahren auf der Basis von Lebenszyklusanalysen nicht abgebildet werden und werden deshalb bei der folgenden Aufstellung außer Betracht gelassen.



## Strategische Planung

**Fragen:** Wie kann der zusätzliche Raumbedarf abgedeckt werden?

Durch Anmietung/Ankauf von Bestand, Umbau/Erweiterung des eigenen Bestands oder Neubau?

Welches Bauvolumen (Nutzeinheiten) ist tatsächlich notwendig?

In dieser Phase muß der Raumbedarf für die eigentliche Neubau-Maßnahme erst geklärt werden. Damit ist diese Phase vor der eigentlichen Gebäudeplanung angesiedelt, eine Unterstützung durch das hier beschriebene Planungswerkzeug ist nur bedingt möglich, indem Vergleiche von Varianten mit unterschiedlichen Neubau-/Bestand-Anteilen analysiert werden.

Faktoren, die in den einzelnen Phasen für die Bewertung berücksichtigt werden: <sup>209</sup>

<i>Bekannte Größe</i>	<i>Daraus ermittelte Größe</i>	<i>Art der Ermittlung</i>
<b>Erstellung (für Neubauvariante/Umbau)</b>		
Standort	Transportdistanzen	Schätzwert
Bauvolumen	Transportmenge	Kennwert
Bauvolumen	Energie- und Stoffstrom	Kennwert
<b>Nutzung – Energie</b>		
Standort	Klimabedingungen	Bekannter Wert aus entsprechenden Klimatabellen, Normen
Bauvolumen	Energiestrom	Kennwert für Neubau, bekannter Wert aus Analysen des Verbrauchs in den Vorjahren für Bestand
<b>Nutzung – Verbrauchsmaterialien</b>		
Bauvolumen	Stoffstrom	Kennwert für Neubau, bekannter Wert aus Analysen des Verbrauchs in den Vorjahren für Bestand
<b>Nutzung – Verkehrsströme</b>		
Standort	Transportdistanzen	Schätzwert
Personen/Lasten	Transportmenge	Schätzwert, Analyse
<b>Nutzung – Erneuerung und Unterhalt</b>		
Bauvolumen	Energie- und Stoffstrom	Kennwert für Neubau, Kennwert oder bekannter Wert aus Analysen des Verhaltens in den Vorjahren für Bestand
<b>Rückbau</b>		
Standort	Transportdistanzen	Schätzwert
Bauvolumen	Transportmenge	Kennwert für Neubau, Kennwert für Bestand
Bauvolumen	Energie- und Stoffstrom	Kennwert für Neubau, Kennwert für Bestand

<sup>209</sup> Aus der Kombination von Transportmengen und Transportdistanzen wird der transportbezogene Energie- und Stoffstrom ermittelt.

Für den Aspekt Verbrauchsmaterialien der Nutzungsphase wird nur der Stoffstrom angegeben, da dieser die herausragende Größe ist. Der durch die Herstellung der Materialien indizierte Energiestrom wird berücksichtigt.

Für den Aspekt Energie der Nutzungsphase wird nur der Energiestrom angegeben, da dieser direkt ermittelt wird. Der durch die Bereitstellung der Energieträger indizierte Stoffstrom wird berücksichtigt.

### Konzeptionelle Planung (Neubau)

**Fragen:** Welcher Standort?  
 Welche Gebäudeform und Orientierung?  
 Welche Bauart?

Die Frage nach dem Standort beeinflusst häufig die Frage nach der Gebäudeform und Orientierung aufgrund der verfügbaren Grundstücksform und Lage. Die Gebäudeform und Orientierung wiederum hat Einfluß auf die Brutto-Gesamtfläche (bei gleicher Nutzfläche) und bedingt auf die Bauweise.

Faktoren, die in den einzelnen Phasen für die Bewertung berücksichtigt werden:

<i>Bekannte Größe</i>	<i>Daraus ermittelte Größe</i>	<i>Art der Ermittlung</i>
<b>Erstellung</b>		
Standort	Transportdistanzen	Schätzwert
Gebäudeform und Bauart	Transportmenge	Kennwert
Gebäudeform und Bauart	Energie- und Stoffstrom	Kennwert
<b>Nutzung – Energie</b>		
Standort	Klimabedingungen	Bekannter Wert
Gebäudeform und Bauart	Energiestrom	Kennwert
<b>Nutzung – Verbrauchsmaterialien</b>		
Gebäudeform und Bauart	Stoffstrom	Kennwert
<b>Nutzung – Verkehrsströme</b>		
Standort	Transportdistanzen	Schätzwert
Personen/Lasten	Transportmenge	Schätzwert/Kennwert/berechneter Wert aus Analyse der Verkehrsstruktur
<b>Nutzung – Erneuerung und Unterhalt</b>		
Gebäudeform und Bauart	Energie- und Stoffstrom	Kennwert
<b>Rückbau</b>		
Standort	Transportdistanzen	Schätzwert
Gebäudeform und Bauart	Transportmenge	Kennwert
Gebäudeform und Bauart	Energie- und Stoffstrom	Kennwert

**Projektierung – Entwurfsplanung**

**Fragen:** Wieviele Einheiten welcher Elemente (inkl. Gebäudetechnik)?  
Wieviele Flächen unterschiedlicher Nutzung?

In dieser Phase werden eine ganze Reihe wichtiger Entscheidungen getroffen. Mit den Festlegungen der räumlichen Strukturen werden Entscheidungen über die natürliche Belicht- und Belüftbarkeit getroffen. Daran gekoppelt ist die Auswahl der haustechnischen Ausstattung. Dies hat neben den aufgewandten Energie- und Stoffströmen für die Herstellung der technischen Anlagen vor allem großen Einfluß auf den Energieverbrauch in der Nutzungsphase. Weiterhin wirkt sich das Raumkonzept auf die erforderlichen Flächen (Verhältnis Verkehrsflächen zu Nutzflächen) aus und bestimmt damit auch den Flächenbedarf insgesamt. Mit dem Tragwerks- und dem Fassadenkonzept werden die wichtigsten Entscheidungen in bezug auf die mengenmäßigen Stoffströme getroffen. Dies gilt für die Phase der Erstellung des Gebäudes, insbesondere jedoch auch für die Nutzungsphase, da diese Entscheidungen sowohl die Lebensdauer des Gebäudes maßgeblich beeinflussen als auch –aufgrund der Art der konstruktiven Verbindungen– die Strategien für Unterhalt und Erneuerung sowie die Möglichkeiten zur Weiter- und Wiederverwendung von Bauteilen und/oder Baustoffen und damit auch die Rückbauphase.

Faktoren, die in den einzelnen Phasen für die Bewertung berücksichtigt werden:

<i>Bekannte Größe</i>	<i>Daraus ermittelte Größe</i>	<i>Art der Ermittlung</i>
<b>Erstellung</b>		
Standort	Transportdistanzen	Schätzwert
Elementmengen	Transportmenge	Kennwert
Elementmengen	Energie- und Stoffstrom	Kennwert
<b>Nutzung – Energie</b>		
Standort	Klimabedingungen	Bekannter Wert
Elemente und Nutzflächen	Energiestrom	Berechneter Wert
<b>Nutzung – Verbrauchsmaterialien</b>		
Elemente und Nutzflächen	Stoffstrom	Kennwert
<b>Nutzung – Erneuerung und Unterhalt</b>		
Elementmengen	Energie- und Stoffstrom	Kennwert
<b>Rückbau</b>		
Standort	Transportdistanzen	Schätzwert
Elementmengen	Transportmenge	Kennwert
Elementmengen	Energie- und Stoffstrom	Kennwert

## Projektierung – Ausführungsplanung

- Fragen:** Welche und wieviele Baumaterialien?  
 Welche und wieviele Bauleistungen?  
 Welche Technologien werden eingesetzt?

Erst mit Abschluß der Ausführungsplanung sind die tatsächlichen Materialmengen und die zum Einsatz kommenden Materialien wirklich bekannt. Die Einflußmöglichkeiten in dieser Phase liegen vor allem in der Materialwahl und, sofern dies nicht bereits in der Entwurfsplanung festgelegt wurde, in der Art der Verbindung der unterschiedlichen Materialien.

Die Materialwahl hat direkten Einfluß auf die Energie- und Stoffströme durch die Herstellungsprozesse für die Erstellungsphase sowie die Entsorgungsprozesse für die Rückbauphase. Der indirekte Einfluß in der Nutzungsphase resultiert aus den unterschiedlichen Materialeigenschaften in bezug auf die Lebensdauer, die Weiter- und Wiederverwendbarkeit, den Unterhalts- und Reinigungsaufwand.

Faktoren, die in den einzelnen Phasen für die Bewertung berücksichtigt werden:

<i>Bekannte Größe</i>	<i>Daraus ermittelte Größe</i>	<i>Art der Ermittlung</i>
<b>Erstellung</b>		
Standort	Transportdistanzen	Schätzwert
Materialmengen	Transportmenge	Bekannter Wert
Materialmengen	Energie- und Stoffstrom	Berechneter Wert aus Sachbilanz
<b>Nutzung – Energie</b>		
Standort	Klimabedingungen	Bekannter Wert
Elemente und Nutzflächen	Energiestrom	Berechneter Wert aus Energiebedarfsberechnung
<b>Nutzung – Verbrauchsmaterialien</b>		
Elemente und Nutzflächen	Stoffstrom	Kennwert /Schätzwert
<b>Nutzung – Erneuerung und Unterhalt</b>		
Materialmengen	Energie- und Stoffstrom	Annahmen für die Strategie (Anzahl der Maßnahmen)/ Berechnete Werte (Einzelmenge) aus Sachbilanz
<b>Rückbau</b>		
Standort	Transportdistanzen	Schätzwert
Materialmengen	Transportmenge	Bekannter Wert
Materialmengen	Energie- und Stoffstrom	Berechneter Wert aus Sachbilanz

Die Analyse dieser Fragestellungen und der Faktoren, die zur Bewertung herangezogen werden können, zeigt, daß sich im Verlauf des Planungsprozesses die Bezugseinheit für die Bewertung verändert. Während in der strategischen Phase über den notwendigen Umfang der Neubaumaßnahme selbst, hier als Bauvolumen (auf der Basis von Nutzeinheiten) bezeichnet, entschieden werden muß, geht es in der Konzeptionellen Planung um die Gebäudeform und damit um die Bruttogesamtfläche. In der Projektierungsphase werden diese Einheiten weiter differenziert in einzelne Nutzflächen und Elementeinheiten und schließlich in Leistungspositionen, aus denen die einzelnen Materialien/Materialmengen und Prozesse folgen.

### 6.2.3 Prinzip der Skalierbarkeit

Ein Planungswerkzeug, das entwurfsbegleitend eingesetzt werden soll, muß die im vorigen Kapitel beschriebene Veränderung der Bezugsgrößen mittragen. Das heißt, in jeder Planungsphase muß das Gebäude im Rahmen der verfügbaren Informationen beschrieben und bewertet werden können. Die Beschreibungen sollten idealerweise ineinander übergeführt werden können, d.h. im Laufe des Planungsprozesses konkretisiert werden können. Dies entspricht dem Entwurfsvorgang, in dem eine Linie in einer "6B"-Skizze zu einer Geraden wird, die zunächst nur eine Wand repräsentiert. Daraus werden zwei Geraden, die dann eine Wand mit einer bestimmten Wandstärke repräsentieren und schließlich ein System paralleler Geraden, das einen kompletten Wandaufbau mit tragender Struktur und Bekleidung auf beiden Seiten einschließlich der Materialien darstellt. Erst in dieser höchsten Detaillierungsebene sind alle Informationen bekannt.

Die Bewertung durch eine Lebenszyklusanalyse ist erst auf der höchsten Detaillierungsebene möglich, da hierzu die Materialien qualitativ und quantitativ bestimmt sein müssen und zusätzlich Informationen über die Bauprozesse auf der Baustelle vorliegen müssen. Um trotzdem schon in früheren Planungsphasen Bewertungen vornehmen zu können, müssen die auf dem vorhandenen Informationsniveau nicht berechenbaren Größen durch Annahmen, im weiteren mit dem Begriff "Kennwerte" bezeichnet, ersetzt werden. Diese Kennwerte ersetzen somit Berechnungen von Teilergebnissen.

Für das diesem Planungswerkzeug zugrundeliegenden Gebäudemodell bedeutet dies, daß es eine phasenbezogene Mehrstufigkeit besitzt. In der obersten Stufe (Strategische Planung) sind nur wenige Parameter in ihrer Quantität frei bestimmbar, die meisten jedoch durch Kennwerte vorbestimmt. In der untersten Stufe (Ausführungsplanung) sind alle Parameter frei bestimmbar.

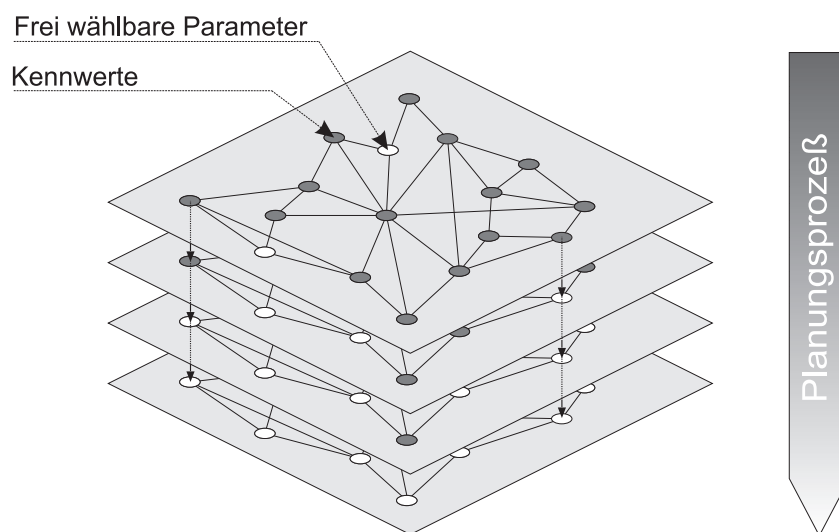


Abbildung 35: Prinzip der Skalierbarkeit

Dies soll anhand eines einfachen Beispiels aus dem Bereich Energiebedarf erklärt werden:

In der strategischen Planungsphase werden als Grundlage für die Entscheidungen Nutzeinheiten zur Realisierung funktioneller Erfordernisse verwendet, beispielsweise eine bestimmte Anzahl Krankenhausbetten oder Büroarbeitsplätze. Zur Berechnung müssen jetzt Kennwerte über die betrachtete Gebäudeart mit dieser Nutzeinheit als Bezugsgröße vorliegen.

Für die Ermittlung des zu erwartenden Energiebedarfs für die Heizung beispielsweise muß bekannt sein, wieviel kWh/a Heizenergiebedarf pro Nutzeinheit benötigt werden. Der frei bestimmbar Parameter ist in diesem Fall die Anzahl der Nutzeinheiten, es erfolgen hier beispielsweise keine Angaben über die BGF (Brutto-Grundfläche).

In der konzeptionellen Planungsphase werden verschiedene Gebäudekonzepte erstellt und die tatsächliche BGF (frei bestimmbarer Parameter) ermittelt. Aus Kennwerten über die Gebäudenutzung/Gebäudeform kann jetzt auf Grundlage der BGF  $[\text{kWh}/\text{m}^2(\text{BGF})\text{a}]$  für eine bestimmte Gebäudenutzung und Gebäudeform eine genauere Ermittlung des zu erwartenden Heizenergiebedarfs erfolgen. Es erfolgt keine Betrachtung einzelner Zonen mit entsprechenden Nutzflächen (Parameter durch Kennwert vorbestimmt).

Die Weiterentwicklung in der Projektierungsphase/Entwurfsplanung führt zu Kenntnissen über die HNF (Hauptnutzflächen) und die NNF (Nebennutzflächen) mit der jeweils beabsichtigten genauen Nutzungsart (Büro, Lager, Küche etc.) und der Art und Fläche der umschließenden Bauteile. Auf dieser Informationsebene kann bereits eine detaillierte Berechnung oder thermische Simulation mit Berücksichtigung verschiedener Zonen erfolgen. Hierfür werden Kennwerte für die k-Werte der umschließenden Bauteile verwendet. In dieser Phase existieren bereits eine Reihe frei bestimmbarer Parameter (HNF und NNF bestimmter Nutzung, Umschließungsflächen bestimmter Art). Durch Kennwerte vorbestimmt sind in diesem Fall die physikalischen Eigenschaften der verwendeten Materialien.

In der Ausführungsplanung schließlich werden für alle Umschließungsflächen bestimmte Ausführungsarten festgelegt. Dies erlaubt eine vollständige Simulation ohne Vereinfachung infolge von Kennwerten. Alle Parameter sind frei wählbar.

#### 6.2.4 Prinzip des “Constraint Satisfaction”

Die Erweiterung des Blickwinkels auf die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes zum einen und die Betrachtung von zusätzlichen ökologischen Kriterien zum anderen führt dazu, daß die Bewertung von Gebäuden noch komplexer wird. Aufgrund dieser Komplexität ist eine Optimierung in mathematischem Sinne für die Gebäudebewertung nicht möglich, da sich die zu berücksichtigenden Kriterien widersprüchlich entwickeln können, und eine Gewichtung der einzelnen Kriterien untereinander, um eine Vollaggregation zu erreichen, kaum möglich ist.

Eine Optimierung in diesem Sinne ist aus der Sicht der Planer jedoch auch nicht anstrebenswert, da diese als erhebliche Einschränkung des planerischen Gestaltungsspielraums empfunden wird. Die im folgenden dargestellte Methodik nach dem Prinzip des “Constraint Satisfaction” kann zur mehrkriteriellen Entscheidungsfindung ohne die oben genannten Nachteile herangezogen werden.

Ausgangspunkt ist die gemeinsame, im Rahmen der Integralen Planung mit allen Projektbeteiligten erfolgte Festlegung von Planungszielen. Diese Planungsziele können und sollten den gesamten Kriterienbereich von den Kosten über die ökologischen Gesichtspunkte bis hin zu den gestalterischen Aspekten umfassen. Die neben den rein qualitativen Aussagen festgelegten Grenz- und Zielwerte (=Constraints: Anforderungen, Bedingungen) für die einzelnen Aspekte bilden einen sogenannten Lösungsraum.

Dieser Lösungsraum besteht aus einer Reihe von einzelnen einzuhaltenden Bedingungen und kann in Form eines Netzdiagramms visualisiert werden (siehe Abbildung 36). Dabei repräsentiert jeder vom Mittelpunkt ausgehende Vektor eine Bedingung. Der Grenzwert (und ggf. zusätzlich der Zielwert) dieser Bedingung wird als Zahlenwert auf diesem Vektor markiert. Aus der Verbindung dieser Markierungen ergibt sich ein geschlossener Polygonzug, dessen Ecken jeweils auf den markierten Stellen der Vektoren liegen. Üblicherweise erfolgt die Orientierung der Vektoren in der Art, daß die Werte im Zentrum optimale Werte und mit zunehmender Entfernung davon eine Verschlechterung darstellen. Damit repräsentiert die durch den Polygonzug umschriebene Fläche den Lösungsraum.

Um zu überprüfen, ob ein Lösungsvorschlag innerhalb des Lösungsraums liegt, werden die ermittelten Werte dieses Lösungsvorschlags ebenfalls auf den zugehörigen Vektoren markiert und mit

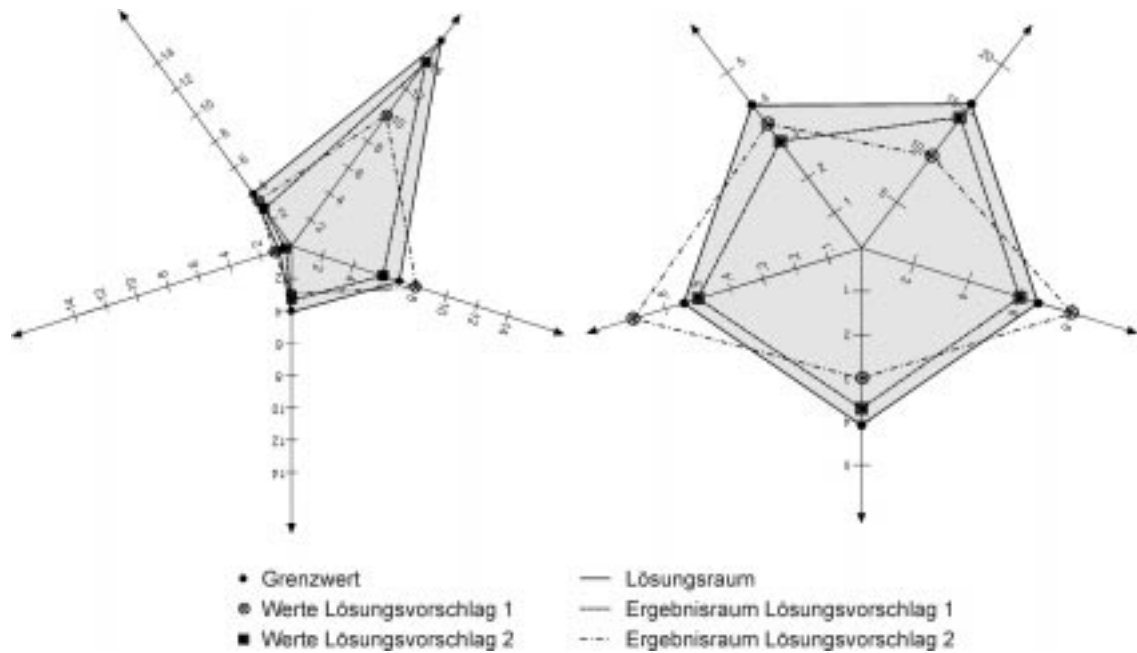


Abbildung 36: Visualisierung des Lösungsraums: links einfache Darstellung, rechts normierte Darstellung

einem Polygonzug verbunden. Liegt dieser Polygonzug komplett innerhalb der den Lösungsraum repräsentierenden Fläche, erfüllt der Lösungsvorschlag alle Bedingungen.

Zur besseren Übersichtlichkeit können die Vektoren normiert werden, so daß der Polygonzug des Lösungsraums ein regelmäßiges Polygon darstellt (siehe Abbildung 36). Dies bietet sich insbesondere dann an, wenn die einzelnen Grenzwerte unterschiedliche Größenordnungen aufweisen oder mehrere Lösungsvorschläge gleichzeitig dargestellt werden.

Für die im Rahmen der Projektbearbeitung in einer Phase entwickelten Varianten wird jetzt die Einhaltung aller Grenz- und Zielwerte überprüft. Diejenigen Varianten, die innerhalb des Lösungsraums liegen, kommen für eine Weiterentwicklung in Frage. Dabei wird ausdrücklich nur die Einhaltung des Lösungsraums betrachtet, ein Übertreffen der Anforderungen einzelner Kriterien (in der Visualisierung entspricht dies einer näheren Lage zum Zentrum, siehe Abbildung 36) hat keinen Einfluß auf die Auswahl der Varianten für die Weiterbearbeitung. Die Entscheidung, welche dieser Variante tatsächlich weiter entwickelt werden sollen, liegt in der Verantwortung des Planungsteams. Sie erfolgt unter Berücksichtigung derjenigen Aspekte, die nur qualitativ beurteilt werden können, z.B. gestalterische Kriterien.

Der zu Beginn des Projektes festgelegte Lösungsraum gilt für die gesamte Projektdauer. Er kann in den einzelnen Phasen für einzelne Bereiche näher spezifiziert werden (siehe hierzu auch Kapitel 6.2.6). Falls keine Variante gefunden wird, die innerhalb des Lösungsraums liegt, müssen die Festlegungen für den Lösungsraum nochmals überdacht werden.

### 6.2.5 Prinzip der Relationen-Analyse

Bei der Analyse einer Bewertung ist nicht der ermittelte absolute Wert des Untersuchungsobjekts von Interesse, sondern die Frage, wie er zustande kommt respektive wie er verbessert werden kann. Da die hier betrachteten Bewertungen durchgängig auf Kumulationen von Teilergebnissen (verschiedene Lebenszyklusphasen, verschiedene Elemente/Baustoffe/Prozesse etc.) bestehen, bietet die Auswertung der relativen Verteilung einen guten Ansatz zur Analyse. Hierbei sind zwei verschiedene Relationen zu unterscheiden:

- die objektinterne Relation und
- die Objekt-Referenzobjekt-Relation

Bei der objektinternen Relation wird eine Relation des Berechnungsergebnisses eines Kriteriums zu einer Gliederung (z.B. Elemente) hergestellt und in bezug zu der Relation eines anderen Kriteriums zu derselben Gliederung gesetzt.

Beispiel: Die durch die Fußböden verursachte humantoxikologische Belastung des Gebäudes beträgt  $x\%$  obwohl die Kosten/der Stoffstrom etc. nur  $y\%$  ausmachen.

Eine starke Abweichung zwischen den beiden Relationen kann (muß aber nicht) einen Hinweis darauf geben, daß das analysierte Element ein außerordentlicher "Verursacher" ist, und der Ersatz durch ein anderes Element mit der gleichen Funktionalität ein besseres Ergebnis liefert. Da jedoch auch große Abweichungen durch die Inhomogenität der einzelnen Elemente und Lebenszyklusphasen durchaus normal sein können, führt diese Betrachtung nicht zuverlässig zu richtigen Schlußfolgerungen.

Die Objekt-Referenzobjekt-Relation stellt dagegen einen Bezug her zwischen der Relation des Berechnungsergebnisses einer Gliederung des betrachteten Objekts zu derselben Relation eines Referenzobjektes.

Beispiel: Die durch die Fußböden verursachte humantoxikologische Belastung des Gebäudes beträgt  $x\%$ , obwohl die durch die Fußböden verursachte humantoxikologische Belastung des Referenzgebäudes nur  $y\%$  ausmachen.

Unter der Voraussetzung, daß das Referenzobjekt so gewählt wurde, daß es repräsentative Werte in bezug auf diese Relation liefert, weisen Abweichungen in diesem Fall tatsächlich auf ungünstige Lösungen hin. Abhängig vom absoluten Wert können zwei Fälle auftreten:

- Bei einem annähernd gleichen absoluten Gesamtwert, ist ein extrem schlechterer Einzelwert ein Hinweis auf eine ungünstige Einzellösung.
- Bei einem annähernd gleichen Einzelwert (der absolute Gesamtwert liegt dann zwangsläufig besser als der Gesamtwert des Referenzobjektes) bedeutet dies lediglich, daß dieses Element nicht den gleichen überdurchschnittlichen Standard der anderen Elemente halten kann.

In der Praxis liegen jedoch noch nicht genügend Gebäudeanalysen vor, um für jedes Bauvorhaben ein repräsentatives Referenzgebäude zum Vergleich heranziehen zu können. Unabhängig von der richtigen Interpretation der Gründe für einen "Ausreißer"-Wert, gibt eine relative Verteilung jedoch immer einen Hinweis darauf, an welcher Stelle der größte Beitrag zum Gesamtwert erfolgt. Damit ist bereits eine Lokalisierung des Elements erfolgt, dessen Verbesserung am erfolgversprechendsten erscheint. Diese Betrachtung muß für alle relevanten Bewertungsgrößen erfolgen.

Da mit hoher Wahrscheinlichkeit für unterschiedliche Bewertungskriterien unterschiedliche "Ausreißer" ermittelt werden, müssen Verbesserungen für ein Kriterium immer auf die Auswirkungen auf die anderen Kriterien überprüft werden.



### 6.2.6 Referenzwerte und Kennwerte, Grenzwerte und Zielwerte

Um bereits in frühen Planungsphasen gemäß dem Prinzip der Skalierbarkeit und des Constraint Satisfaction Bewertungen vornehmen zu können, werden Kennwerte bzw. Referenzwerte sowie Grenz- und Zielwerte eingesetzt. Der Zusammenhang zwischen diesen Größen und die Abgrenzung untereinander wird im folgenden erläutert.

#### Referenzwerte

Aus den Berechnungsergebnissen eines bestimmten Kriteriums für ein Gebäude oder einen Teil eines Gebäudes kann noch keine Bewertung abgeleitet werden. Hierzu bedarf es mindestens eines Vergleichswerts. Vergleichswerte können beispielsweise durch die Berechnung mehrerer Varianten entstehen. In diesem Fall ist ein "Ranking" der einzelnen Varianten untereinander, d.h. eine relative Beurteilung, möglich. Es kann jedoch immer noch keine Aussage darüber gemacht werden, wie sich diese Varianten absolut betrachtet verhalten. Für eine derartige Bewertung werden Referenzwerte eingesetzt. Referenzwerte repräsentieren die Auswertung von anderen Gebäuden auf der gleichen Berechnungsgrundlage. Als Referenzwerte können Berechnungen einzelner Gebäude oder eine statistische Auswertung verschiedener Gebäude eingesetzt werden.

#### Kennwerte

Kennwerte werden im Berechnungsvorgang an den Stellen eingesetzt, an denen (noch) keine Daten für Teilberechnungen vorliegen. Diese Teilberechnungen werden dann mit Abschätzungen auf Grundlage der Kennwerte ersetzt. Die Ermittlung dieser Kennwerte erfolgt im Idealfall durch eine statistische Auswertung von Referenzwerten auf dieser Hierarchieebene.

#### Grenzwerte

Wie bereits in Kapitel 6.2.4 beschrieben dienen Grenz- und Zielwerte der Konkretisierung und Quantifizierung von Planungszielen. Sie sind Grundlage der Entscheidungsfindung.

Unter einem Grenzwert wird dabei eine zwingend einzuhaltende, in der Regel quantifizierbare Anforderung bezüglich eines spezifischen Kriteriums (gekennzeichnet durch Parameter und Einheit (Maß)) verstanden. Der Grenzwert beschreibt eine Minimalanforderung deren Nichteinhaltung ein Ausschlusskriterium darstellt. In diesem Sinne entscheidet die Einhaltung von Grenzwerten sowohl anforderungs- als auch aufwandsseitig über die "Zulässigkeit" von Lösungsvarianten.<sup>210</sup>

Zur Bestimmung der Grenzwerte kann die Anwendung gesetzlicher Bestimmungen (Landesbauordnungen, Energieeinsparungsgesetz, Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, Normen etc., siehe Kapitel 5.6.1) herangezogen werden. Darüber hinaus sind jedoch auch projektbezogene Ziele des Planungsteams bzw. des Auftraggebers durch Grenzwerte konkretisierbar. Hierdurch kann eine Verschärfung der gesetzlichen Anforderungen, wo solche existieren, oder ein Auffangen fehlender gesetzlicher Regelungen erfolgen. Eine Festlegung von Grenzwerten, die geringere Anforderungen repräsentieren als gesetzlich gefordert, ist nicht zulässig.

#### Zielwerte

Unter einem Zielwert wird eine anzustrebende erhöhte Anforderung bezüglich eines spezifischen Kriteriums verstanden. Die Einhaltung von Zielwerten ist nicht zwingend vorgeschrieben. Der Zielwert beschreibt eine Orientierungsgröße.<sup>211</sup>

---

<sup>210</sup>[LÜTZKENDORF 98]

<sup>211</sup>[LÜTZKENDORF 98]

Die Einhaltung der Zielwerte ist nach dieser Definition nicht obligatorisch vorgeschrieben. Es muß eine Festlegung darüber erfolgen, wie Varianten zu beurteilen sind, die zwar die Grenzwerte einhalten, jedoch nicht die Zielwerte.

Teilweise werden auch in gesetzlichen Regelungen Zielwerte verankert, um die Entwicklung der Grenzwerte in der Zukunft bereits darzulegen. Ein Zielwert kann, sofern er nicht direkt Bezug zum Grenzwert nimmt, auch aus Referenzwerten abgeleitet oder als Faktor eines Referenzwertes ausgedrückt werden. Die Festlegung der Zielwerte sollte unter Berücksichtigung des aktuellen Stands der Technik erfolgen.

### Zusammenspiel von Kennwerten und Referenzwerten, Grenzwerten und Zielwerten

Das Prinzip des Constraint Satisfaction setzt die Festlegung von Grenzwerten (als Erweiterung können zusätzlich Zielwerte festgelegt werden) in der ersten Planungsphase voraus. Für den Energiebedarf (Nutzungsphase) können hierfür gesetzliche Grenzwerte herangezogen werden. Für die meisten Kriterien gibt es bisher jedoch keine gesetzlichen Grenzwerte. Deshalb werden die Grenzwerte unter Berücksichtigung von Referenzwerten festgelegt. Diese Referenzwerte werden aus Berechnungen für andere Gebäude ermittelt.

Dabei liegt folgendes vereinfachtes mathematisches Modell zugrunde (Abbildung 37):

Dargestellt sind vier Berechnungsebenen, in der Ebene 0 erfolgt die Berechnung des Wertes  $w$  für das gesamte Gebäude als Funktion von Teilberechnungen ( $w_1, w_2 \dots w_n$ ). Die Ebenen darunter stellen Teilberechnungen dar (dargestellt ist jeweils nur der linke Ast). In Ebene 1 erfolgen die Teilberechnungen der 1. Stufe ( $w_1, w_2 \dots w_n$ ) als Funktionen der Ergebnisse aus den Teilberechnungen der 2. Stufe ( $w_{11}, w_{12} \dots w_{1n}$  bzw.  $w_{21}, w_{22} \dots w_{2n}$  etc.). Analog dazu erfolgen in Ebene 2 die Teilberechnungen der 2. Stufe als Funktionen der Ergebnisse aus den Teilberechnungen der 3. Stufe. In der Ebene 3 schließlich sind die Teilwerte  $w_{111}, w_{112} \dots w_{11n}$  bzw.  $w_{121}, w_{122} \dots w_{12n}$  etc. bekannt. Auf der Grundlage der bekannten Teilwerte dieser Ebene lassen sich alle anderen Teilberechnungen ausführen und somit auch die Berechnung des Gesamtgebäudes. Aus derartigen Berechnungen für "ideale" Gebäude oder aus mehreren Berechnungen und entsprechenden statistischen Auswertungen können Referenzwerte  $R$  ermittelt und in einer Datenbank gespeichert werden.

Im Verlauf des Planungsprozesses erreicht man diese Berechnungsebene (aufgrund fehlender Informationen über das Gebäude) allerdings erst in der letzten Planungsphase. Für die Planungsphasen davor müssen die Teilberechnungen durch Abschätzungen ersetzt werden. Dazu werden aus bereits für andere Gebäude durchgeführten Teilberechnungen der 2. Ebene (auf Grundlage der Teilwerte der 3. Ebene) Kennwerte ( $k_{11}, k_{12} \dots k_{1n}$  bzw.  $k_{21}, k_{22} \dots k_{2n}$  etc.) ermittelt. Jetzt kann auf der 2. Ebene anstelle der Teilberechnung für  $w_{11}$  eine Teilabschätzung  $a_{11}$  als (ebenfalls zu definierende) Funktion von dem Kennwert  $k_{11}$  erfolgen. Das gleiche gilt für die anderen Teilberechnungen dieser Ebene. Mit den Teilberechnungen der 1. Ebene wird analog verfahren. Die Kennwerte werden ebenfalls in einer Datenbank gespeichert.

Im Verlauf des Planungsprozesses werden dann für alle Kriterien die Schritte 1 bis 4 durchgeführt:

1. Festlegung des Grenzwerts für das Kriterium durch einen Referenzwert (siehe oben).
2. Berechnung (Ebene 1) der Teilabschätzungen ( $a_1, a_2 \dots a_n$ ) für die Variante mit Kennwerten ( $k_1, k_2 \dots k_n$ ).
3. Berechnung (Ebene 0) des Wertes für dieses Kriterium auf Grundlage der Teilabschätzungen aus Schritt 2.
4. Prüfen, ob der Wert innerhalb des Lösungsraums liegt.

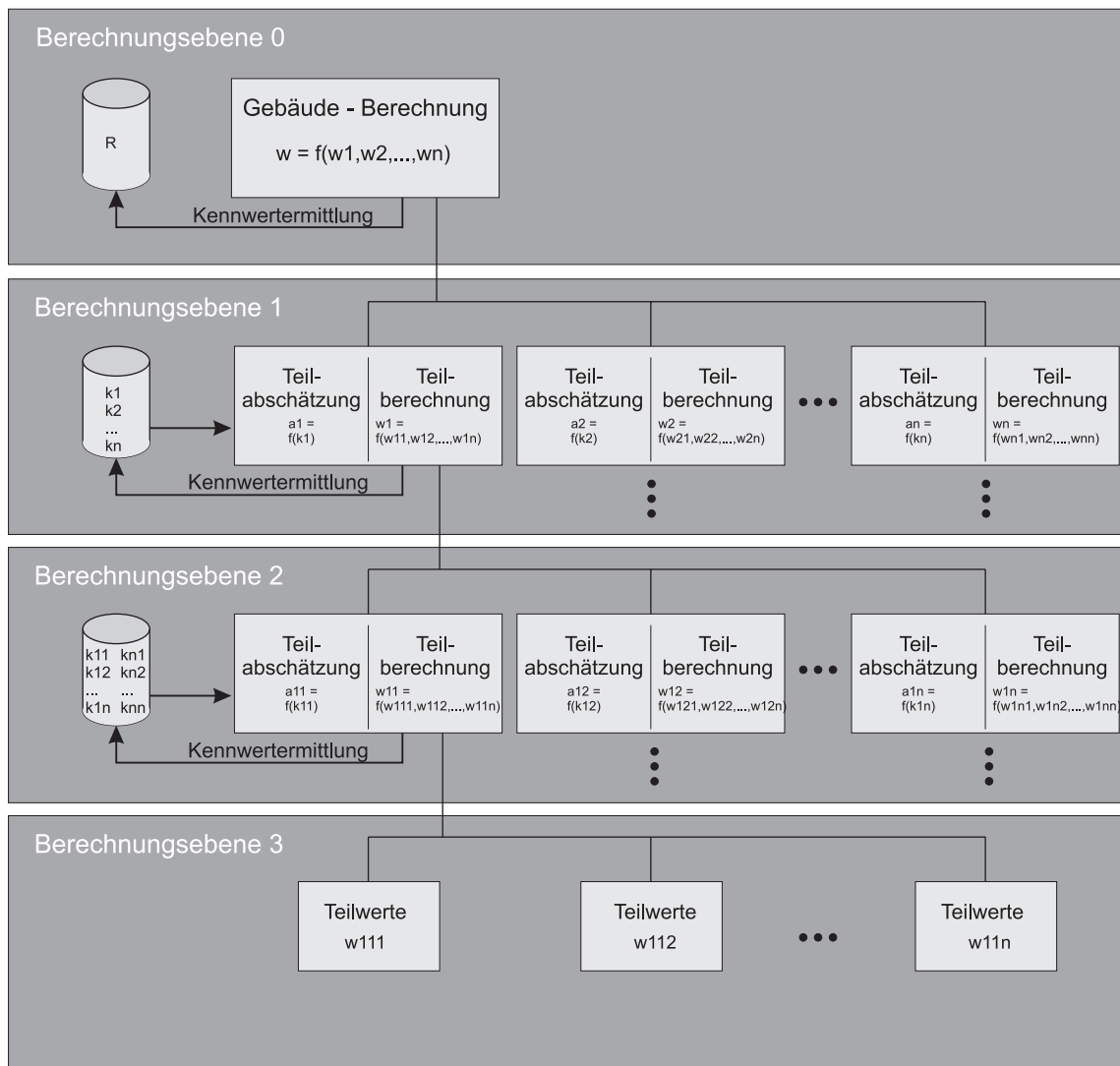


Abbildung 37: Berechnungsmodell für die Ermittlung von Kennwerten und Referenzwerten

Falls für alle Kriterien die ermittelten Kennwerte innerhalb des Lösungsraums liegen, erfüllt die Variante die gesetzten Anforderungen, kann weiter verfolgt und dann in der nächsten Berechnungsebene erneut überprüft werden:

Die Teilabschätzungen der Ebene 1 ( $a_1, a_2 \dots a_n$ ) werden in dieser nächsten Detaillierungsstufe ersetzt durch die Teilberechnungen ( $w_1, w_2 \dots w_n$ ) auf Grundlage von Teilabschätzungen auf Ebene 2. Die Berechnung auf Ebene 0 erfolgt dann auf der Grundlage dieser Teilberechnungen. Diese kann für alle Berechnungsebenen entsprechend fortgesetzt werden. Die Werte werden jeweils bis zum Gesamtwert des Gebäudes (Ebene 0) aggregiert und mit den Grenzwerten auf dieser Ebene verglichen. Dieses Verfahren hat jedoch neben dem hohen Berechnungsaufwand einen bedeutenden Nachteil. Überprüfungen, ob die Entwurfsvariante noch innerhalb des Lösungsraums liegt, sind nur auf der Gebäudeebene insgesamt möglich. Es können keine Teilberechnungen beurteilt werden und damit ist auch keine Lösung von Teilproblemen möglich.

Dieses Problem kann gelöst werden, indem in jeder Projektphase für die kommende Projektphase neue (Teil)Lösungsräume für die Teilberechnungen definiert werden. Dazu gibt es prinzipiell drei Möglichkeiten:

1. Die Berechnungen eines Referenzgebäudes (das den Lösungsraum möglichst optimal ausnutzt) werden analysiert, und die jeweiligen Teilberechnungen als Grenzwerte für das pro-

jektierte Gebäude angesetzt. Dies setzt jedoch voraus, daß die Struktur dieses Referenzgebäudes große Ähnlichkeit mit dem projektierten Gebäude besitzt und stellt damit eine eindeutige Einschränkung für die Entwicklung unterschiedlicher entwurflicher Lösungsansätze dar. Darüber hinaus ist fraglich, ob für jede Bauaufgabe ein entsprechendes Referenzobjekt mit der notwendigen Datenlage gefunden werden kann.

2. Die Werte der Teilabschätzungen ( $a_1, a_2 \dots a_n$ ) werden zu neuen Grenzwerten für die jeweils davon betroffenen Teilberechnungen ( $w_1, w_2 \dots w_n$ ). Dadurch können Teilprobleme unabhängig voneinander gelöst und der Berechnungsaufwand reduziert werden. Die Einhaltung der ursprünglichen Grenzwerte wird durch diese Aufspaltung nicht berührt. Falls die in der Berechnung (auf Grundlage der Teilabschätzungen) ermittelten Werte erheblich besser sind, bedeutet dies allerdings eine Verschärfung der Grenzwerte mit zunehmender Berechnungstiefe. Dies ist nicht im Sinne des Constraint Satisfaction.
3. Anstatt die Grenzwerte für die Teilberechnungen aus den absoluten Werten der Teilabschätzungen abzuleiten, können auch im Sinne der Relationen-Analyse (siehe Kapitel 6.2.5) die Teil-Grenzwerte als Produkte aus dem ursprünglichen Grenzwert mit dem Anteil des Wertes der jeweiligen Teilabschätzung an der Gesamtberechnung verwendet werden. Dadurch kann die im vorigen Punkt angesprochene Verschärfung der Grenzwerte für das Gesamtgebäude unterdrückt werden.

### 6.2.7 Voraussetzung für die Umsetzung

Für die Umsetzung eines projektbegleitenden Berechnungswerkzeugs müssen einige Voraussetzungen erfüllt sein. Als erstes sind hierbei die methodischen Voraussetzungen in Form von Berechnungsverfahren und die zugehörigen Daten zu nennen. Ein weiterer Punkt ist die Handhabbarkeit für den Anwender.

#### Methodische Voraussetzungen

Die Berechnungsverfahren müssen im Hinblick auf die Lebenszyklusanalyse vollständig sein, d.h. alle Lebenszyklusphasen berücksichtigen. Wie bereits dargestellt, kann die Lebenszyklusphase Herstellung zumindest in den späten Planungsphasen ausreichend genau beschrieben werden, um eine Bewertung auf Basis von Sachbilanzen einzelner Baumaterialien und -prozesse vorzunehmen.

Für die Lebenszyklusphase Nutzung gibt es für die Ermittlung des voraussichtlich zu erwartenden Energiebedarfs für die Heizung/Klimatisierung, für die Bereitstellung des Warmwassers, für das Kunstlicht und diverse Hilfsenergien allgemein anerkannte Berechnungsverfahren. Die Ermittlung des Material- und Energiebedarfs für den Unterhalt des Gebäudes kann annäherungsweise aus Kennwerten erfolgen, für die Erneuerung müssen aus hypothetischen Erneuerungsstrategien die entsprechenden Mengen an Baumaterialien und -prozessen abgeleitet werden. Voraussetzung für alle Berechnungen/Abschätzungen für die Nutzungsphase ist die Annahme einer bestimmten Dauer und einer bestimmten Nutzungsart. Die Lebenszyklusphase Rückbau kann wiederum ausreichend genau beschrieben werden, um eine Bewertung auf Basis von Sachbilanzen einzelner Baumaterialien und -prozesse vorzunehmen.

Auf der höchsten Detaillierungsebene können demnach die methodischen Voraussetzungen für eine Berechnung als gegeben angesehen werden. Gemäß dem Prinzip der Skalierbarkeit (Kapitel 6.2.3) werden auf den niedrigeren Detaillierungsebenen Teilberechnungen ersetzt durch Kennwerte. Dies setzt voraus, daß die übergeordnete Berechnungsmethode derart strukturiert ist, daß die Ersetzung von Teilberechnungen durch Kennwerte nicht zu Inkonsistenzen führt.

### Datengrundlage

Für die Berechnungen auf der höchsten Detaillierungsebene sind als Datengrundlage in erster Linie Sachbilanzen von verschiedenen Baustoffen/Elementen und Bau- und Nutzungsprozessen, für die niedrigeren Ebenen entsprechende Kenn- und Referenzwerte notwendig.

Das Prinzip des Constraint Satisfaction erfordert die Möglichkeit zur Definition von Grenzwerten und damit die Verfügbarkeit entsprechend fundierter Daten.

### Handhabbarkeit

In den frühen Projektphasen, d.h. auf einer niedrigen Detaillierungsebene, erfolgt die Beschreibung des Gebäudes für die Bewertung überwiegend über die Auswahl verschiedener Eigenschaften, die mit Kennwerten hinterlegt werden. Hier bedarf es einer Beschreibungssystematik, die an die Informationstiefe der jeweiligen Projektphase angepaßt ist und somit eine Anwendung ohne weitergehende Datenerhebung ermöglicht. Auf der anderen Seite muß diese Beschreibung detailliert genug sein, um Erkenntnisse über die ökologischen Auswirkungen verschiedener Varianten/Konzepte zu liefern.

Die Beschreibung einer Projektphase muß möglichst ohne "Verluste" in die Beschreibung der nächsten Projektphase überführt werden können.

Um eine möglichst effiziente Interpretation der Ergebnisse zu ermöglichen, müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt werden:

- Begrenzung der Bewertungskriterien auf eine überschaubare Anzahl
- Wahl derjenigen Bewertungskriterien, die möglichst repräsentativ sind und Redundanzen vermeiden
- Interpretation der Berechnungsergebnisse auf verschiedenen Ebenen (z.B. verschiedene Lebenszyklusphasen oder Prozeßarten)
- Interpretation der Berechnungsergebnisse mit unterschiedlichen Bezugsgrößen (pro m<sup>2</sup> BGF, pro Arbeitsplatz etc.)

Schließlich ist noch die Frage der Integration in die "üblichen" Planungsverfahren bzw. in die bereits zum Einsatz kommenden Planungswerkzeuge (siehe hierzu auch Kapitel 5.4 und 5.7) zu nennen.

#### 6.2.8 Erprobung von Prototypen mit Anwendern aus der Planungspraxis

Die Ausführungen in den vorigen Kapitel zeigen, daß konkrete Vorstellungen über die Anforderungen an ein projektbegleitendes Bewertungs- und Analyse-Werkzeug bestehen. Möglichkeiten zur methodischen Umsetzung wurden ebenfalls aufgezeigt. Im Rahmen der Forschungsvorhaben zu dieser Arbeit wurden Prototypen für Bewertungs- und Analyse-Werkzeuge entwickelt, die jeweils eine Planungsphase isoliert betrachten und darauf angepaßte Gebäudemodelle verwenden. Der Hintergrund für diese Entwicklungen war das Bestreben, die Methode aufzuzeigen und mittels Anwendungstests den Bedarf und die Bereitschaft zur Anwendung zu analysieren. Diese Prototypen sind im Anhang (Kapitel A.2 und A.3) dokumentiert.

Im Rahmen der Forschungsprojekte KOBEEK und OGIP<sup>212</sup> wurden Anwendertest mit dem Ziel durchgeführt, die Verständlichkeit und Handhabbarkeit des Prototyps ECOPRO sowie die Akzeptanz und die Einschätzung der Entwicklungsfähigkeit eines derartigen "Planungswerkzeugs"

---

<sup>212</sup>[KOBEEK 96], [OGIP 96]

zu hinterfragen. Die wesentlichen Resultate dieser Anwendertest werden im folgenden wiedergegeben:

Die Methodik der Gebäudebeschreibung nach der Elementmethode<sup>213</sup> wurde als verständliche Form der Gebäudemodellierung und als mit üblichen Arbeitsabläufen (für die Kostenermittlung) übereinstimmend anerkannt.

Obwohl der Wunsch nach einer ökologischen Gesamtbewertung in Form eines einzigen Umweltindikators durchaus besteht, erkannten die Test-Anwender die damit verknüpften Probleme in bezug auf die Zweckmäßigkeit und Durchführbarkeit (in einem Einführungsvortrag wurde auf diese Problematik hingewiesen) und betrachteten die für ECOPRO gewählte Vorgehensweise des Constraint Satisfaction-Ansatzes mit einer Reihe von teilaggregierten Bewertungskriterien als sinnvoll.

Der Kenntnisstand über die verschiedenen Bewertungskriterien war eher gering. Ein Einführungsvortrag zu der Thematik vermittelte ein Basiswissen. In diesem Zusammenhang kann der Wunsch nach der Integration einer "Standard"-Auswertung gesehen werden, die für alle wählbaren Parameter sogenannte "Default"-Werte mit der größten Relevanz verwendet. Dies wurde auch für das Folgeprojekt OGIP 98<sup>214</sup> diskutiert.

Die Komplexität der Darstellungs- (z.B. Netzdiagramm zur Darstellung des Lösungsraums) und Auswertungsmöglichkeiten (z.B. auf Basis der Relationen-Analyse), die in ECOPRO vorhanden ist, wurde jedoch bei den Testanwendern gut angenommen und auf Grundlage einer erläuternden Einführung auch als gut handhabbar betrachtet.

Für eine weitergehende Integration in den Planungsprozeß wurde ausdrücklich die Anbindung an bestehende CAD- bzw. CAAD-Programme und die Erarbeitung von umfassenden Element-Katalogen gewünscht.

### 6.2.9 Fazit

Wie bereits ausgeführt bestehen konkrete Vorstellungen sowohl über die Anforderungen an ein projektbegleitendes Bewertungs- und Analyse-Werkzeug als auch über Möglichkeiten zur methodischen Umsetzung. Die Prototypen zeigen die Anwendbarkeit in den durch sie abgedeckten Planungsphasen auf. Aus den Anwendertests kann das Interesse an derartigen Bewertungswerkzeugen und die prinzipielle Bereitschaft zum Einsatz zusätzlicher Entscheidungshilfsmittel aus dem Bereich Ökologie abgeleitet werden.

Weiterer Entwicklungsbedarf besteht in zwei Bereichen:

1. Die projektbegleitende Komponente muß mittels durchgängiger Planungsverfahren auf der Grundlage entsprechender Gebäudeproduktmodelle unterstützt werden. Der derzeitige Stand der Gebäudebeschreibung und der verwendeten Planungswerkzeuge weist Lücken in der Transformation von Informationen an den Übergängen von einer Projektphase zur nächsten auf. Aus Akzeptanzgründen müssen Entwicklungen von solchen Planungsverfahren auf der Grundlage der bestehenden Planungspraxis erfolgen.
2. Es muß eine umfassende Datenbank mit Referenz- bzw. Kennwerten auf verschiedenen Ebenen der Gebäudebeschreibung aufgebaut werden.

Darüber hinaus gilt auch für die Entwicklung eines projektbegleitenden Bewertungs- und Analyse-Werkzeugs, daß die Integration in eine umfassendere Planungsplattform (siehe auch Kapitel 6) angestrebt werden sollte.

---

<sup>213</sup>Die in diesem Prototyp verwendete Gebäudebeschreibung basiert auf einer Element-Gliederung, die im Sinne der Skalierbarkeit verschiedene Ebenen enthält. Für ECOPRO (Phase Projektierung - Entwurf) wurde die Ebene Elemente und Makroelemente (siehe auch 4.3) eingesetzt.

<sup>214</sup>OGIP 98 siehe Zusammenstellung der Projekte

## Zusammenfassung und Ausblick

Im **ersten Teil** dieser Arbeit wird das Thema "Nachhaltige Entwicklung" in der politischen Diskussion im allgemeinen dargestellt. Die angeführten Fakten aus dem Bauwesen zeigen den Handlungsbedarf in diesem Bereich auf. Die Diskussion der verschiedenen Umsetzungsebenen und Verfahren zeigt die Vielschichtigkeit des Einflusses auf den Baubereich in Abhängigkeit von den verschiedenen Ebenen der Planung (von der Bauleitplanung bis zur konkreten Ausführung einzelner Leistungen innerhalb eines Bauprojekts) auf. Im Mittelpunkt dieser Arbeit steht der Einfluß einer nachhaltigen Entwicklung auf ein konkretes Objekt bzw. der Einfluß eines konkreten Objektes auf eine nachhaltige Entwicklung. In diesem Zusammenhang wird aus den diskutierten Grundlagen abgeleitet, daß der Einfluß des Objekts auf die nachhaltige Entwicklung am sinnvollsten auf der Basis von Energie- und Stoffströmen für die gesamte Lebensdauer erfaßt und bewertet werden kann. Der "state-of-the-art" von Verfahren zur Ermittlung dieses lebenszyklusbezogenen Energie- und Stoffstroms sowie zur Beurteilung in bezug auf die resultierenden Umwelteinflüsse werden für allgemeingültige Produktbetrachtungen dargestellt, und die spezielle Anwendung auf das Produkt Gebäude diskutiert.

Mit der Lebenszyklusanalyse steht eine standardisierte Methode zur Verfügung, deren Anwendung auf Gebäude bereits Gegenstand mehrerer Forschungsprojekte war. Die wesentlichen Unterschiede zu Bilanzierungen von Produkten, auf welche die Lebenszyklusanalyse üblicherweise angewandt wird, bestehen für die Erstellung der Sachbilanzen in der Zuordnung von gebäuderelevanten Lebenszyklusphasen und Prozessen (dies betrifft insbesondere die Phase der Nutzung) sowie der Allokation von upstream- und downstream-Prozessen (dies betrifft insbesondere die Behandlung der Wieder- und Weiterverwertung von Bauelementen/Materialien). In bezug auf die Wirkungsbilanz kann als bauspezifische Eigenheit der Innenraum als eine zusätzliche Kategorie für das räumliche Ausmaß der Umweltwirkungen und im Zusammenhang damit auch die Einschränkung des menschlichen Wohlbefindens bzw. die Humantoxizität infolge von Innenraumbelastungen als wesentliche indirekte ökologische Wirkung genannt werden. Innerhalb der standardisierten Methode zur Lebenszyklusanalyse ist eine Berücksichtigung dieses Aspekts jedoch nicht vorgesehen.

Die verschiedenartigen Energie- und Stoffströme, die durch ein Gebäude ausgelöst werden, machen eine strukturierte Beschreibung von Gebäuden für die Erstellung einer Lebenszyklusanalyse erforderlich. Hierfür wurde im Rahmen dieser Arbeit eine Zusammenstellung von Komponenten einer modularen Gebäudebeschreibung von den Basisprozessen bis zum Gebäudebestand für die bauliche Anlage des Gebäudes und zusätzliche Komponenten für die gebäudeinterne Nutzung entwickelt.

Lebenszyklusanalysen werden erstellt, um ein mögliches Verbesserungspotential aufzuzeigen und entsprechende Maßnahmen ergreifen zu können. Aufgrund der langen Lebensdauer von Gebäuden können Maßnahmen, die die baulichen Komponenten betreffen, nur bis zu einem bestimmten Planungsfortschritt berücksichtigt werden; der Unikat-Charakter von Gebäuden läßt Rückschlüsse von bereits realisierten und analysierten Objekten auf geplante Projekte nur bedingt zu. Aus diesen Fakten leitet sich die Forderung nach einer Integration von Lebenszyklusanalysen in den Planungsprozeß ab.

Der **zweite Teil** dieser Arbeit analysiert verschiedene Planungsaspekte unter dem Blickwinkel einer nachhaltigen Entwicklung, um Bezüge und Ansatzpunkte für die Integration in den Planungsprozeß aufzuzeigen. In die Planung konkreter Projekte können Ansätze zur nachhaltigen Entwicklung durch entsprechende Vorgaben und Planungsmethoden mit einbezogen werden. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, daß die Projektverantwortlichen konkrete Zielvorstellungen entwickeln, welchen ökologischen Maßgaben das Projekt entsprechen soll. Aufgrund der Komplexität der Planungsaufgaben im Kontext der nachhaltigen Entwicklung kann nur eine in-

tegrale Planungsmethode im Team zur Anwendung kommen. Das gemeinsame Umsetzen der Zielvorstellungen des Auftraggebers in ein Pflichtenheft führt zu verbindlichen Rahmenbedingungen für alle Projektbeteiligten (einschl. der ausführenden Firmen) und erhöht aufgrund der besseren Identifikation mit den Zielsetzungen die Motivation, diese zu erreichen. Neben den gesetzlichen und den im Pflichtenheft vertraglich verankerten Rahmenbedingungen gibt es eine Reihe von weiteren Planungsgrundlagen und Planungswerkzeugen, die dazu beitragen können, den Aspekt der Nachhaltigkeit in die Planung mit einfließen zu lassen. Diese Möglichkeiten müssen konsequent genutzt werden, ihr Einsatz kann ggf. im Pflichtenheft verbindlich verankert werden. Besondere Aufmerksamkeit ist in diesem Zusammenhang der die Planung begleitenden Kontrolle, ob die Entwicklung des Projekts das Erreichen der gesetzten Ziele und Anforderungen ermöglicht, zu widmen. Hierzu sollten alle Möglichkeiten zur Beurteilung des jeweiligen Planungsstands im Hinblick auf die ökologischen Ziele eingesetzt werden.

Weichen die im Pflichtenheft verankerten oder durch den Auftraggeber anderweitig geregelten Vorgaben in bezug auf die Planungsmethode und die anzuwendenden Planungshilfsmittel jedoch sehr von der üblichen Planungspraxis ab, besteht die Gefahr, daß die Planer darin einen unzumutbaren Mehraufwand sehen und eine ablehnende Haltung dazu einnehmen. Deshalb sollten Planungswerkzeuge zur Unterstützung der nachhaltigen Entwicklung soweit möglich auf bereits bestehenden Planungsstrukturen aufbauen bzw. diese integrieren.

Entscheidungen, die Einfluß auf die Nachhaltigkeit eines Gebäudes haben, werden in jeder Phase des Planungsprozesses in unterschiedlicher Form getroffen. Dabei ist der Einfluß in den ersten Phasen – bei der Bedarfsermittlung und konzeptionellen Planung – am größten. Aufgrund der im Vergleich zur Erstellung des Gebäudes hohen Belastungen der Nutzungsphase muß diese jedoch sowohl in der Planung vorausschauend berücksichtigt werden als auch selbst Bestandteil eines Nachhaltigkeitskonzepts sein (z.B. durch entsprechende Unterhalts- und Erneuerungskonzepte und Betriebsoptimierungen). Daraus wird die Notwendigkeit einer das gesamte Projekt begleitenden Unterstützung abgeleitet.

Der **dritte Teil** dieser Arbeit zeigt Möglichkeiten zur Umsetzung der aus den ersten zwei Teilen abgeleiteten Schlußfolgerungen auf. Zunächst wird mit dem Prinzip der dynamischen Projektcheckliste der Entwurf für ein projektbegleitendes Planungswerkzeug vorgestellt, das sowohl Unterstützung bei der Navigation durch den Planungsprozeß bietet als auch Grundlage einer anforderungsorientierten Planung sein kann. Im Mittelpunkt des Planungsprozesses steht dann die Projektcheckliste als Führungsinstrument, das den gesamten Ablauf des Projektes und die Verwendung der weiteren Instrumente steuert. Die Projektcheckliste wird zu Beginn eines Projektes erstellt und umfaßt als Checklistenpunkte neben den eigentlichen Planungsaufgaben wie dem Ausarbeiten von Konzepten auch Einträge, die sich auf die Projektorganisation (z.B. Zusammenstellung des Planungsteams) und das Qualitätsmanagement beziehen (z.B. Definition von Anforderungen, ständige Kontrolle, ob die Anforderungen eingehalten werden). Die Projektcheckliste muß dynamisch sein, d.h. kontinuierlich den Erfordernissen der Planung angepaßt werden können. Hierzu wird mit dem Konzept für ECOCHECK ein EDV-gestütztes Planungswerkzeug vorgeschlagen, das auf der Grundlage einer Umweltmanagement-Datenbank ein umfassendes Informationssystem mit verschiedenen Filter- und Verweisstrukturen sowie eine projektbezogene Verwaltung für die einzelnen Checklistenpunkte anbietet. Der Einsatz eines derartigen Planungswerkzeugs kann gewährleisten, daß die notwendigen Überlegungen in bezug auf die Nachhaltigkeit des Gebäudes zum richtigen Zeitpunkt erfolgen und entsprechend Einfluß auf die Planung haben.

Ein entscheidender Bestandteil des projektbegleitenden Umweltmanagements ist die ständige Überprüfung, ob die zu Beginn formulierten Anforderungen eingehalten werden können. Zur Beurteilung von Gebäuden bzw. Gebäudeentwürfen im Hinblick auf nachhaltige Entwicklung müssen entsprechende Planungswerkzeuge eingesetzt werden. Im ersten Teil dieser Arbeit wurde



bereits dargelegt, daß eine derartige Beurteilung nur auf Grundlage von Lebenszyklusanalysen möglich ist, im zweiten Teil wurde die Notwendigkeit von projektbegleitenden und in den Planungsprozeß integrierten Methoden aufgezeigt. Im zweiten Abschnitt des dritten Teils dieser Arbeit wird das Prinzip eines projektbegleitenden Bewertungs- und Analyse-Werkzeugs auf der Basis von Lebenszyklusanalysen diskutiert. Möglichkeiten zur methodischen Umsetzung werden aufgezeigt: Das Prinzip der Skalierbarkeit stellt das prinzipielle Vorgehen dar, wie die phasenbezogene Mehrstufigkeit der Gebäudebeschreibungen innerhalb eines Bewertungswerkzeugs umgesetzt werden kann. Das Prinzip des Constraint Satisfaction dient der Unterstützung der mehrkriteriellen Entscheidungsfindung. Das Prinzip der Relationen-Analyse wird zur Ursachen-erkundung für von den Zielvorstellungen abweichende Ergebnisse verwendet. Die Grundlage für die Anwendung dieser Methoden stellt ein umfassendes Gebäudemodell auf Basis von Kenn- und Referenzwerten dar. Mit ECOPT und ECOPRO werden zwei Prototypen als Auszug aus dem projektbegleitenden Bewertungs- und Analysewerkzeug dargestellt. Sie zeigen die Anwendbarkeit in den durch sie abgedeckten Planungsphasen auf. Aus den Anwendertests kann das Interesse an derartigen Bewertungswerkzeugen und die prinzipielle Bereitschaft zum Einsatz zusätzlicher Entscheidungshilfsmittel aus dem Bereich Ökologie abgeleitet werden.

Mit der Entwicklung und den Anwendertests der in dieser Arbeit beschriebenen Prototypen wurde jeweils für einzelne Teilaspekte die Realisierbarkeit der zugrundeliegenden Modelle für die Unterstützung des Planungsprozesses im Hinblick auf Nachhaltigkeit sowie das Interesse an derartigen Planungswerkzeugen aufgezeigt.

Im Hinblick auf die Weiterentwicklung des projektbegleitenden Bewertungs- und Analyse-Werkzeugs zur Anwendungsreife in der Praxis besteht noch Forschungsbedarf in zwei Bereichen:

Die Datenbasis betreffend, muß sowohl eine umfassende Datenbank mit Referenz- bzw. Kennwerten auf verschiedenen Ebenen der Gebäudebeschreibung aufgebaut werden als auch eine Erweiterung der zugrundeliegenden Datenbank mit Basisprozessen erfolgen.

Die Methodik betreffend, muß die projektbegleitende Komponente in Form von durchgängigen Planungsverfahren (möglichst auf Grundlage bestehender Planungspraxis) mit entsprechenden Gebäudeproduktmodellen unterstützt werden. In diesem Kontext ist auch die Integration in CAD- und AVA-Software zu sehen.

Im Hinblick auf das Konzept der dynamischen Projektcheckliste bestehen Möglichkeiten zur Weiterentwicklung in folgenden Bereichen:

Die Datenbasis betreffend sollte eine Erweiterung der Umweltmanagement-Datenbank erfolgen: die einzelnen Einträge sollten weiter detailliert werden und in Beziehung zu charakteristischen Planungsaufgaben gesetzt werden, um eine gezielte Vorauswahl für die Erstellung der Projektcheckliste zu unterstützen.

Die Kooperation mit anderen Planungsplattformen sollte angestrebt werden. Dies betrifft beispielsweise die Anbindung der im Rahmen der Projektcheckliste erfaßten EDV-gestützten Planungswerkzeuge, so daß diese direkt gestartet werden können. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Integration einer dynamischen Projektcheckliste in die Planungsplattform des Intesol-Projekts als impulsgebendes Instrument für die Aufgaben, deren Abwicklung durch die Planungsbeteiligten dann vollständig im Rahmen der Intesol-Plattform stattfindet. Darüber hinaus ist zu prüfen, inwiefern Erweiterungen an den Schnittstellen zur Projektplanung und Projektorganisation durch entsprechende Entwicklungen auf diesen Gebieten anzustreben sind.



## Abbildungsverzeichnis

1	Aufbau der Arbeit . . . . .	2
2	Organisationsstufen in der Ökologie und Zuordnung der einzelnen Teilgebiete . . . . .	5
3	Funktionsdiagramm eines Ökosystems. . . . .	7
4	Ökosystem "Stadt" am Beispiel von Brüssel . . . . .	8
5	Funktionsschema eines natürlichen terrestrischen Ökosystems, stark vereinfacht. . . . .	12
6	Zieldimensionen für den Bereich "Bauen und Wohnen" . . . . .	15
7	Umsetzungsebenen einer nachhaltigen Entwicklung . . . . .	17
8	Ablaufschema eines Ökoaudit . . . . .	19
9	Modell einer Lebenszyklusanalyse nach DIN ISO 14040 . . . . .	25
10	Prozesskette für die Herstellung von Primäraluminium . . . . .	27
11	Zusammenhang zwischen Wirkung und Effekt. Beispiel einer Wirkungskette nach HEIJUNGS . . . . .	31
12	Die sogenannte Bewertungstreppe . . . . .	31
13	Verfügbare und standardisierte Methoden, Klassifizierung nach dem räumlichen Ausmaß und dem betroffenen Umweltkompartiment . . . . .	35
14	Kategorisierung nach unterschiedlichen Aggregationsprinzipien . . . . .	39
15	Struktur der ECO-Indikator '95-Bewertungsmethode . . . . .	41
16	Prinzip des Eco-Indicator '98 . . . . .	43
17	Bewertungsmodell des Eco-Indicator '98 in Einzelschritten . . . . .	44
18	Modell über Zusammenhänge zwischen Prozessen und Phasen im Lebenszyklus von Gebäuden . . . . .	49
19	Räumliches Ausmaß von Umwelteinflüssen . . . . .	50
20	Modell für die Zuordnung von Downstream-Stoffströmen . . . . .	54
21	Modularer Aufbau der Gebäudekomponenten . . . . .	55
22	Beispiel eines Wert-Alterungsdiagramms . . . . .	69
23	Vereinfachtes Prinzip der Alterung von Gebäuden . . . . .	70
24	Projektleiter und Projektsteuerer – vertragliche Beziehungen . . . . .	75
25	Generalplaner und Generalunternehmer – vertragliche Beziehungen . . . . .	76
26	Horizontale und vertikale Integration . . . . .	87
27	Wechselwirkungen im Projektverlauf zwischen Pflichtenheft und Konzepten . . . . .	89
28	Einsatz PC-gestützter Hilfsmittel für Projektmanagement . . . . .	104
29	Planungs- und Bauprozeß gemäß Leistungsmodell 95 . . . . .	106
30	Beziehungen zwischen Planungsbeteiligten und Planungsinstrumenten . . . . .	116
31	Projektcheckliste – Auszug, Teil 1 . . . . .	118
32	Projektcheckliste – Auszug, Teil 2 . . . . .	119
33	Aufgaben der Projektcheckliste und mit ihnen verknüpfte Informationen . . . . .	120
34	Abhängigkeitsbeziehungen von Aufgaben . . . . .	123
35	Prinzip der Skalierbarkeit . . . . .	133
36	Visualisierung des Lösungsraums: links einfache Darstellung, rechts normierte Darstellung . . . . .	135
37	Berechnungsmodell für die Ermittlung von Kennwerten und Referenzwerten . . . . .	139
38	ECO-CHECK - Benutzeroberfläche, Darstellung der Aufgaben . . . . .	162
39	ECO-CHECK - Benutzeroberfläche, Darstellung der Planungswerkzeuge . . . . .	164

---

40	ECOPT - Input . . . . .	168
41	ECOPT - Output tabellarisch . . . . .	169
42	ECOPT - Output grafisch . . . . .	170
43	ECOPRO - Verwaltung der Gebäudevarianten . . . . .	175
44	ECOPRO - Eingabedaten, Grunddaten . . . . .	177
45	ECOPRO - Tabellenblatt "Nutzung" . . . . .	177
46	ECOPRO - Eingabe, Gebäudenutzung . . . . .	178
47	ECOPRO - Eingabe, Gerätemerkmale und -komponenten der technischen Installationen . . . . .	178
48	ECOPRO - Eingabe, Endenergieträger . . . . .	179
49	ECOPRO - Eingabe, Gebäudeausführungsdaten . . . . .	180
50	ECOPRO - Eingabe, Elemente . . . . .	180
51	ECOPRO - Eingabe, Makroelemente . . . . .	181
52	ECOPRO - Auswertungen, Grafik 1 . . . . .	183
53	ECOPRO - Auswertungen, Grafik 2 . . . . .	184
54	ECOPRO - Auswertung, Tabellarische Darstellung . . . . .	186

## Zusammenstellung der Forschungsprojekte

Im Rahmen diese Arbeit sind folgenden Forschungsprojekte erwähnt:

### IEA – Annex 31

Titel	Energiebedingte Umweltbelastung durch Gebäude deutsche Mitarbeit im IEA – BCS Annex 31 “Energy related environmental impact of buildings”
Laufzeit	1996 – 1999
Förderung	Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie
Projektbeteiligte	für Deutschland: Institut für Industrielle Bauproduktion der Universität Karlsruhe; Institut für ressourcenschonendes Bauen der Bauhaus-Universität Weimar

### INFOLOG

Titel	Unternehmens- und branchenübergreifende Informationslogistik für die Produkt- entwicklung in der Investitionsgüterindustrie Forschungsschwerpunkt an der Universität Karlsruhe
Laufzeit	1995 – 1997
Förderung	Länder Baden-Württemberg und Sachsen
Projektbeteiligte	Institut für Industrielle Bauproduktion, Institut für Maschinenwesen im Baubetrieb, Institut für Prozeßrechenetechnik und Robotik, Institut für Rechnerentwurf und Fehlertoleranz, Institut für Rechneranwendung in Planung und Konstruktion, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik der Universität Karlsruhe; Lehrstuhl für Computeranwendungen im Bauwesen der Technischen Universität Dresden

### INTESOL

Titel	Integrale Planung Solaroptimierter Gebäude
Laufzeit	1996 – 1999
Förderung	Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, Rudolf Otto Meyer (ROM), Hamburg
Projektbeteiligte	Ebert Ingenieure, München; Institut für Industrielle Bauproduktion der Universität Karlsruhe; Institut für Kernenergetik und Energiesysteme der Universität Stuttgart; Rudolf Otto Meyer (ROM), Hamburg

### KOBEK

Titel	Methode zur kombinierten Berechnung von Energiebedarf, Umweltbelastung und Baukosten in frühen Planungsstadien
Laufzeit	1994 – 1996
Förderung	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
Projektbeteiligte	Institut für Industrielle Bauproduktion und Fachbereich Bauphysik und Technischer Ausbau der Universität Karlsruhe; Institut für ressourcenschonendes Bauen der Bauhaus-Universität Weimar; Architektenkammern Baden-Württemberg und Sachsen-Anhalt

## LEGOE

---

Titel	Entwicklung von Planungswerkzeugen zur Erfassung, Beschreibung und Bewertung des Lebenszyklusses von Gebäuden unter ökologischen Gesichtspunkten.
Laufzeit	1996 – 1999
Förderung	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
Projektbeteiligte	EDITION AUM GmbH, Dachau; ASCONA GbR, Gröbenzell; Software SIDOUN GmbH, Freiburg; IEZ AG, Bensheim; Institut für Industrielle Bauproduktion und Fachbereich Bauphysik und Technischer Ausbau der Universität Karlsruhe; Institut für ressourcenschonendes Bauen der Bauhaus-Universität Weimar

## OGIP / DATO

---

Titel	Optimierung von Gesamtanforderungen für Energiebedarf, Baukosten und Umweltbelastung in der Integralen Planung
Laufzeit	1994 – 1996
Förderung	Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern; Amt für Bundesbauten, Bern
Projektbeteiligte	Institut für Industrielle Bauproduktion der Universität Karlsruhe; Institut für Energiewirtschaft der ETH Zürich; Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung (CRB), Zürich; Holliger Bau-, Energie- und Umweltberatung, Bern; Aarproject AG, Bern

## OGIP ' 98

---

Titel	Optimierung von Gesamtanforderungen für Energieverbrauch, Umweltbelastung und Baukosten
Laufzeit	1997 – 1999
Förderung	Bundesamt für Energie, Bern; Amt für Bundesbauten, Bern
Projektbeteiligte	Bundesamt für Energie, Bern; Bundesamt für Bauten und Logistik, Bern; Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Dübendorf; Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung (CRB), Zürich; t.h.e. Software GmbH, Karlsruhe

## REGENER

---

Titel	Regional Planning for the Development of Renewable Energies
Laufzeit	1995 – 1996
Förderung	Europäische Gemeinschaft, DCR APAS Programm
Projektbeteiligte	Ecole des Mines, Paris; Institut für Industrielle Bauproduktion der Universität Karlsruhe; INERIS (Frankreich); WOON ENERGIE (Niederlande); Softech (Italien); VTT (Finnland);

## Literatur

- [BÄCHTOLD 98] BÄCHTOLD, H.-G.: Nachhaltigkeit. Herkunft und Definitionen eines komplexen Begriffs. In Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 13, 1998
- [AfB 96] AfB (Amt für Bundesbauten), Schweizerische Bankgesellschaft: Umweltmanagement von Hochbauprojekten – Eine Zusammenarbeit zweier engagierter Bauherren. Bern, Zürich, 1996
- [BAUSTOFF 95] BAUSTOFFÖKOINVENTARE. ETHZ-ESU (Eidgenössische Technische Hochschule Zürich). Bern, 1995.
- [BEPAC 93] BEPAC Foundation, Vancouver, British Columbia, Canada: Building Environmental Performance Assessment Criteria, Version 1: Office Buildings. Vancouver, 1993
- [BfK 86] Bundesamt für Konjunkturfragen – Impulsprogramm Haustechnik 1986: Haustechnik in der Integralen Planung. Band A. Bern, 1986
- [BfK 96] Bundesamt für Konjunkturfragen – Rationelle Verwendung von Elektrizität: TOP Teamorientiertes Planen. Bern, 1996
- [BMBau 89a] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.): Ökologie im Bestand. Forschungsvorhaben des Experimentellen Wohnungs- und Städtebaus. Bonn, 1989
- [BMBau 89b] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau: (Hrsg.): Ökologische Gesamtkonzepte in der Stadt- und Dorfplanung. Forschungsvorhaben des Experimentellen Wohnungs- und Städtebaus. Bonn, 1989
- [BMBau 96] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.). Siedlungsentwicklung und Siedlungspolitik. Nationalbericht Deutschland zur Konferenz HABITAT II. Bonn, 1996
- [BMBau 97] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.). Nachhaltige Baupolitik zwischen Ökonomie und Ökologie. Tagungsband 2.+3. April 1997. Bonn, 1997
- [BMBau 98a] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.). Arbeitshilfen Recycling – Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Bauabfällen bei Planung und Ausführung von baulichen Anlagen. Online-Version. Bonn, 1998
- [BMBau 98b] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.). Arbeitshilfen Abwasser – Planung von Abwassersystemen Erfassung, Bewertung, Unterhaltung bestehender Abwassersysteme in Liegenschaften des Bundes. Online-Version. Bonn, 1998
- [BMBau 98c] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.). Arbeitshilfen Altlasten – zur Anwendung der baufachlichen "Richtlinien für die Planung und Ausführung der Sicherung und Sanierung belasteter Böden" des BMBau für Liegenschaften des Bundes. Online-Version. Bonn, 1998
- [BMBF98] Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, BMBF; Forschungszentrum Jülich GmbH, Projektträger BEO; PSE Projektgesellschaft Solare Energiesysteme mbH, Freiburg (Hrsg.). Statusbericht "Solar optimiertes Bauen" 27.–28. August 1998, Freiburg, Jülich, 1998
- [BPR 89] Bauproduktenrichtlinie. EG-Richtlinie 89-106-EWG des Rates und deren Umsetzung durch das Bauproduktengesetz. 1989
- [BRAITENBACH 95] BRAITENBACH, V.; Hosp I. (Hrsg.): Simulation. Computer zwischen Experiment und Theorie. Reinbek bei Hamburg, 1995
- [BREEAM 93a] BREEAM: Building Research Establishment Environmental Assessment Method Version 1–5. In Building Research Establishment Report. Watford, 1993

- [BREEAM 93b] BREEAM: Building Research Establishment Environmental Assessment, An environmental assessment for new office designs. Garston, 1993
- [BROCKHAUS 71] Brockhaus Enzyklopädie. Wiesbaden, 1971
- [BRUNDTLAND 87] World commission on Environment and Development ("Brundtland Committee"). Our Common future. Oxford, 1987
- [BURGHARDT 97] BURGHARDT, M.: Projektmanagement: Leitfaden für die Planung, Überwachung und Steuerung von Entwicklungsprojekten. Erlangen, 1997
- [BUWAL 90] Bundesamt für Umwelt (Hrsg.): Methodik für Ökobilanzen. Schriftenreihe Umwelt No 133. Bern, 1990
- [BUWAL 91] Bundesamt für Umwelt (Hrsg.): Ökobilanz von Packstoffen Stand 1990. Schriftenreihe Umwelt No 132. Bern, 1991
- [BUWAL 92] Bundesamt für Umwelt (Hrsg.): Vergleichende Ökologische Bewertung von Anstrichstoffen im Baubereich. Schriftenreihe Umwelt No 186. Bern, 1992
- [BUWAL 95] Bundesamt für Umwelt (Hrsg.): Bauprodukte und Zusatzstoffe in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt No 245. Bern, 1995
- [BUWAL 98a] Bundesamt für Umwelt (Hrsg.): Bewertung in Ökobilanzen mit der Methode der ökologischen Knappheit, Ökofaktoren 1997. Schriftenreihe Umwelt No 297. Bern, 1998
- [BUWAL 98b] Bundesamt für Umwelt (Hrsg.): Bewertung von Ökoinventaren von Verpackungen. Schriftenreihe Umwelt No 300. Bern, 1998
- [BV AG 95] BV AG – Bayerische Vereinsbank AG: Umweltbericht der Bayerischen Vereinsbank AG 1995. München, 1995
- [BV AG 96] BV AG – Bayerische Vereinsbank AG: Umweltkennzahlen der Bayerischen Vereinsbank AG 1996. München, 1996
- [CHUARD 94] CHUARD, J.M.: Vom Pflichtenheft zum Bau – Beispiele, Erfahrungen. In INFRASTRUCTA – Kongress für Gebäudetechnische Infrastruktur in Basel, Dokumentation zum Block 3: Intelligente Gebäude – Intelligente Bauherren. Basel, 1994
- [COLE 92] COLE, R.; MOFFET, S.: Preliminary studies for the Canadian environmental impact assessment method for buildings. Vancouver, Ottawa, 1992
- [CONGENA 91] CONGENA Gesellschaft für Planung, Training und Organisation mbH (Hrsg.): Projektmanagement in congenateexte 1/2 1991. München, 1991
- [DBU 96] Deutsche Bundesstiftung Umwelt: Nachhaltigkeit 2000 – tragfähiges Leitbild für die Zukunft?. 1. Internationale Sommerakademie St. Marienthal. Bramsche: Rasch, 1996
- [DELEAGE 91] DELEAGE, J.-P.: Histoire de l'écologie. Une science de l'homme et de la nature. Paris, 1991
- [DIN 1356] DIN 1356 – Deutsches Institut für Normung e.V.: Bauzeichnungen. Beuth-Verlag Berlin, 1995
- [DIN 18205] DIN 18205 – Deutsches Institut für Normung e.V.: Bedarfsplanung im Bauwesen. Beuth-Verlag Berlin, 1996
- [DIN 18960-1] DIN 18960-1 – Deutsches Institut für Normung e.V.: Baunutzungskosten von Hochbauten, Begriffe – Kostengliederung. Beuth-Verlag Berlin, 1976
- [DIN 18960] DIN 18960 Entwurf – Deutsches Institut für Normung e.V.: Nutzungskosten im Hochbau, Begriffe – Nutzungskostengliederung. Beuth-Verlag Berlin, 1998



- [DIN 276] DIN 276 – Deutsches Institut für Normung e.V.: Kosten im Hochbau. Beuth-Verlag Berlin, 1993
- [DIN 277] DIN 277 – Deutsches Institut für Normung e.V.: Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau. Beuth-Verlag Berlin, 1987
- [DIN 33926] DIN 33926 Entwurf – Deutsches Institut für Normung e.V.: Produktbezogene Ökobilanzen. Standardberichtsbogen. Beuth-Verlag Berlin, 1996
- [DIN 4108/2] DIN 4108 Entwurf Teil 2 – Deutsches Institut für Normung e.V.: Wärmeschutz im Hochbau. Beuth-Verlag Berlin, 1995
- [DIN 4108/20,21] DIN 4108 Entwurf Teil 20 und 21 – Deutsches Institut für Normung e.V.: Wärmeschutz im Hochbau. Beuth-Verlag Berlin, 1995
- [DIN 4108/6,7] DIN 4108 Vornorm Teil 6 und 7 – Deutsches Institut für Normung e.V.: Wärmeschutz im Hochbau. Beuth-Verlag Berlin, 1995
- [DIN 4108] DIN 4108 – Deutsches Institut für Normung e.V.: Wärmeschutz im Hochbau. Beuth-Verlag Berlin, 1981
- [DIN 69910] DIN 69910 – Deutsches Institut für Normung e.V.: Wertanalysen, Idee-Methode-System. Beuth-Verlag Berlin, 1995
- [DIN EN 832] DIN EN 832 – Deutsches Institut für Normung e.V.: Berechnung des Jahresheizenergiebedarfs. Beuth-Verlag Berlin, 1992
- [DIN ISO 14040] DIN ISO 14040: Produkt-Ökobilanzen. Prinzipien und allgemeine Anforderungen (Life cycle assessment – principles and guide lines). 1997
- [DIN KOA 03] Deutsches Institut für Normung e.V. Grundsatzpapiere des Normenausschusses Bauwesen im DIN zur europäischen Normungsarbeit im Zusammenhang mit der EG-Bauprodukten-Richtlinie (BPR) und anderen EG/EU-Richtlinien.: Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz. Leitfaden zur Beurteilung von Bauprodukten unter Gesundheitsaspekten. 1995
- [DINESEN 94] DINESEN, J.; Traberg-Borup, S.: An Energy life Cycle Assessment model for building design, Buildings and the Environment, Danish Building Research Institute, 16–24 may 1994
- [ENQUETE 97] Enquete-Kommision Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung. Konzept Nachhaltigkeit. Fundamente für die Gesellschaft von morgen. Zwischenbericht. Bonn, 1997
- [ENQUETE 98] Enquete-Kommision Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung. Konzept Nachhaltigkeit. Vom Leitbild zur Umsetzung. Abschlußbericht. Bonn, 1998
- [ENQUETE 99] Enquete-Kommision Schutz des Menschen und der Umwelt. Studie über “Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen”. Veröffentlichung Springer-Verlag voraussichtlich Mitte 1999
- [EQUER 92] Peuportier, B.; Polster, B.; Blanc-Sommereux, I.: EQUER Development of an object oriented model for the assessment of the environmental quality of buildings, Buildings and the environment, First International Conference, 16–20 may 1992
- [ERFA 95] erfa info der Konferenz der Bauorgane des Bundes (KBOB), Nr. 1/95, 3/95, 2/96, 2/97 und 3/97. Bern, 1995–97
- [ERG 96] Demkin, J.A. et al.: Environmental Resource Guide, ERG, American Institute of Architects, Wiley. New York, 1996
- [FINNVEDEN 94a] FINNVEDEN, G.: Methods for Describing and Characterizing Resource Depletion in the Context of Life Cycle Assessments. IVL Report No B1141. IVL Stockholm, 1994

- [FINNVEDEN 94b] FINNVEDEN, G.: Characterization Methods for Depletion of Energy and Material Resources. In Integrating Impact Assessment into LCA. Proceedings of the LCA Symposium, Fourth SETAC-Europe Congress, 11–14 April 1994. Brüssel, 1994
- [FORGBER 98] FORGBER, U.; Müller, C.: Verbundprojekt RETEX II / INTESOL: Kooperationsplattform zur integralen Planung solaroptimierter Gebäude. In [BMBF98]
- [GATZWEILER 96] GATZWEILER, H.-P.: Ergebnisse der Habitat II-Konferenz in Istanbul. Ökologisches Planen und Bauen im Kontext der Weltausstellung EXPO 2000. Hannover, 4.+5. November 1996
- [GEMIS 95] ÖKO-INSTITUT: Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) Version 2. i.A. Darmstadt, Berlin, Kassel, 1995
- [GERKAN 82] GERKAN, M.: Die Verantwortung des Architekten: Bedingungen für die gebaute Umwelt. Stuttgart, 1982
- [GOEDKOOOP 95] GOEDKOOOP, M.: The Eco-indicator 95; Weighting method for environmental effects that damage ecosystems or human health on a European scale (Final Report + Manual for Designers), National Reuse of Waste Research Programme (NOH). Amersfoort, 1995
- [HABER 96] HABER, W.: Die ökologischen Grenzen menschlichen Handelns. In [DBU 96]
- [HAMPICKE 92] HAMPICKE, U.: Ökologische Ökonomie. Individuum und Natur in der Neoklassik – Natur in der ökonomischen Theorie: Teil 4. Opladen, 1992
- [HANNOVER 93] Landeshauptstadt Hannover, Amt für Umweltschutz Hannover: Leitlinien zum ökologischen Bauen in Hannover. Ein Diskussionspapier, 1993. In Schriftenreihe kommunaler Umweltschutz. Hannover, 1993
- [HASSLER 97] HASSLER, U.: Strategien für eine nachhaltige Entwicklung im Gebäudebestand. Tagung des BMBAU. Bonn, 1997
- [HAUSER 93a] HAUSER, G.; Hausladen, G.: Energiekennzahl zur Beschreibung des Heizenergiebedarfs von Wohngebäuden (Version 3.1). Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung e.V. Berlin (Hrsg.). Energiepaß-Service Hauser & Hausladen GmbH, Baunatal
- [HAUSER 93b] HAUSER, G.; Stiegel, H.: Wärmebrücken-Atlas für den Mauerwerksbau. Wiesbaden, 1993.
- [HAUSER 92] HAUSER, G.; Stiegel, H.: Wärmebrücken-Atlas für den Holzbau. Wiesbaden, 1992.
- [HEIJUNGS 92] HEIJUNGS, R. et al.(1992): Environmental life cycle assessment of products; Guide and Backgrounds (Vol. I+II); National Reuse of Waste Research Progr. (NOH), CML, Leiden. Leiden, 1992
- [HERBERT 96] HERBERT, I.: Einführungsbeitrag. Ökologisches Planen und Bauen im Kontext der Weltausstellung EXPO 2000. Hannover, 4.+5. November 1996
- [HERMANN 95] HERMANN, M.: Kataloge, Gliederungen, Modelle. Problemfälle bei der Beschreibung von Gebäuden. Diplomarbeit Fakultät für Architektur, Universität Karlsruhe. Karlsruhe, 1995
- [HOAI 91 ] Verordnung über die Honorare für Leistungen der Architekten und Ingenieure (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure). Verlag W. Kohlhammer. Stuttgart, 1991
- [HOFSTETTER 98] HOFSTETTER, P.; Tietje, O.: Ökobilanz-Bewertungsmethoden. State-of-the-art, Neuentwicklungen 1998, Perspektiven. Nachbearbeitung des 6. Diskussionsforums Ökobilanzen vom 12. März 1998 ETH Zürich. Zürich, 1998
- [IJLESB 98] International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings: "LCA Tool for Use in the Building Industry". Vol. 2. 1998

- [INFOLOG 97] Rude et al.: Informationslogistik – Unternehmens- und branchenübergreifende Informationslogistik für die Produktentwicklung in der Investitionsgüterindustrie. Forschungsschwerpunkt an der Universität Karlsruhe. Abschlußbericht. Karlsruhe, 1997
- [IP BAU 91] IP BAU – Impulsprogramm IP Bau, Bundesamt für Konjunkturfragen: Recycling – Verwertung und Behandlung von Bauabfällen. Bern, 1991
- [IP Bau 92] IP BAU – Impulsprogramm IP Bau, Bundesamt für Konjunkturfragen: Gebäudebewirtschaftung. Methoden des baulichen Unterhalts und der Erneuerung. Bern, 1992
- [IP Bau 94] IP BAU – Impulsprogramm IP Bau, Bundesamt für Konjunkturfragen: Alterungsverhalten von Bauteilen und Unterhaltskosten. Grundlagendaten für den Unterhalt und die Erneuerung von Wohnbauten. Bern, 1994
- [IP Bau 95a] IP BAU – Impulsprogramm IP Bau, Bundesamt für Konjunkturfragen: Grobdia-gnose. Zustandserfassung und Kostenschätzung von Gebäuden. Bern, 1995
- [IP Bau 95b] IP BAU – Impulsprogramm IP Bau, Bundesamt für Konjunkturfragen: Siedlungs-entwicklung durch Erneuerung . Erhaltung und Erneuerung. Bern, 1995
- [IP Bau 96] IP BAU – Impulsprogramm IP Bau, Bundesamt für Konjunkturfragen: Immobili-ebewirtschaftung in der Praxis. Bedeutung, Ziele, Elemente. Bern, 1996
- [ISO 9699] International Standard ISO 9699: Performance standards in building – Checklist for briefing – Contents of brief for building design. 1994
- [ISO DIS 14041] Draft International Standard ISO DIS 14041: Produkt-Ökobilanzen. Sachbilanzie-rung (Life cycle assessment – inventory analysis). 1997
- [it 1/99] it Management: Öko(logisch): Sparstrümpfe sind in. Beitrag im it Management 1/1999
- [IUCN 81] International Union for the Conservation of Nature, seit 1990: World Conservation Union. Sustainable Development. 1981
- [IWÖ 96] IWÖ - HSG – Institut für Wirtschaft und Ökologie (Hrsg.): Developments in LCA Valuation. IWÖ-Diskussionsbeitrag Nr. 32. St. Gallen, 1996
- [IWÖ 97] IWÖ - HSG – Institut für Wirtschaft und Ökologie (Hrsg.): Safeguard Subjects and Damage Functions as Core Elements of Life-Cycle Impact Assessment. IWÖ-Diskussionsbeitrag Nr. 42. St. Gallen, 1997
- [IWÖ 98] IWÖ - HSG – Institut für Wirtschaft und Ökologie (Hrsg.): Depletion of abiotic resources weighted on base of “virtual” impacts of lower grade deposits used in future. IWÖ-Diskussionsbeitrag Nr. 57. St. Gallen, 1998
- [JOLLIET 94a] JOLLIET, O.: Critical Surface-Time: an evaluation method for life cycle as-sessment. In Integrating Impact Assessment into LCA. Proceedings of the LCA Symposium, Fourth SETAC-Europe Congress, 11–14 April 1994, Brüssel
- [JOLLIET 94b] JOLLIET, O.: A Structure of Impact Assessment for LCA: Impact categorie and serial/parallel impacts. SETAC Impact Assessment Workshop, Zürich 8/9. Juli 1994
- [JOLLIET 96] JOLLIET, O; CRET-TAZ, P: Critical surface-time 95, a Life cycle impact as-sessment methodology including fate and exposure. EPFL. Lausanne, 1996.
- [JÖNSSON 98] JÖNSSON, A.: Life Cycle Assessment of Building Products. Case Studies and Methodology. Doctoral thesis. Göteborg, 1998
- [KALUSCHE 96] KALUSCHE, W.: Architekt als Projektsteuerer. In DAB 10/96. Stuttgart, 1996
- [KALUSCHE 98] KALUSCHE, W.: Planungsentscheidungen des Bauherrn. In DAB 7/98. Stutt-gart, 1998

- [KLINGELE 95] KLINGELE, M.; KOHLER, N. : Ökobilanzierung im Bauwesen. BBauBl. Heft 8. Aug. 1995
- [KLINGELE 96a] KLINGELE, M.; KOHLER, N.: Berechnung von Energiebedarf, Baukosten und Umweltbelastung in frühen Projektphasen. International Symposium of the CIB –Wien 1996
- [KLINGELE 96b] KLINGELE, M.: Anwendung der Ökobilanzierung und Lebenszyklusanalyse auf Gebäude und Gebäudebestände. Ökologisches Planen und Bauen im Kontext der Weltausstellung EXPO 2000. Hannover ,4.+5. November 1996
- [KLINGELE 97] KLINGELE, M.; Kohler , N.; Heitz, S.; Hermann, M.: Simulation of energy and massflows of buildings during their life cycle. CIB Second international conference Buildings and the Environment Paris June, 9–12, 1997
- [KOBEEK 96] KOHLER, N. et al. Schlußbericht des DBU-Projektes KOBEEK: Methode zur kombinierten Berechnung von Energiebedarf, Umweltbelastung und Baukosten in frühen Planungsstadien, Ifib–Universität Karlsruhe 1996
- [KOHLE 87] KOHLER, N.: Energy Consumption and Pollution of Building Construction. IC-BEM 87. International Congress on building energy management. EPFL–Lausanne 1987.
- [KOHLE 91] KOHLER, N.; Lützkendorf, Th.: Energie- und Schadstoffbilanzen von Niedrigenergiegebäuden. Schlußbericht Forschungsprojekt BEW. EPFL-LESO, 1991.
- [KOHLE 92] KOHLER, N.; Lützkendorf, Th.: Handbuch zur Erstellung von Energie- und Schadstoffbilanzen von Gebäuden. Bundesamt für Energiewirtschaft. Bern, 1992.
- [KOHLE 94] KOHLER, N. et al: Energie und Stoffbilanzen von Gebäuden während ihrer Lebensdauer. Schlußbericht Forschungsprojekt BEW. Ifib – Universität Karlsruhe, 1994
- [KOHLE 95a] KOHLER, N.: Life cycle models of buildings. Europa'95. Lyon, 1995
- [KOHLE 95b] KOHLER, N.: Simulation von Energie- und Stoffflüssen von Gebäuden und Gebäudebeständen. Tagung : Das Denkmal als Altlast ? Auf dem Weg in die Reparaturgesellschaft? Universität Dortmund . 11/12. Okt. 1995
- [KOHLE 96a] KOHLER, N.: Ökobilanzen im Bauwesen. Stand der Forschung und Perspektiven. Der Architekt. BDA. März 1996
- [KOHLE 96b] KOHLER, N.; Klingele, M.: Simulation von Energie- und Stoffflüssen von Gebäuden während ihrer Lebensdauer. International Symposium of the CIB –Wien 1996.
- [KOHLE 97a] KOHLER, N.: Life Cycle Models Of Buildings – a new approach. CAAD Futures '97 – München. München, 1997
- [KOHLE 97b] KOHLER, N.: Life Cycle Analysis of building refurbishment. IEA workshop “future buildings” Retrofitting. Stuttgart, April 1997.
- [KOHLE 97c] KOHLER, N.: Stand der Ökobilanzierung von Gebäuden und Gebäudebeständen. Tagung des BMBAU. Bonn, 1997
- [KOHLE 98a] KOHLER, N.: Sustainability of New Work Practises and Building Concepts in Streitz, N., et al. (Eds.), Cooperative Buildings – Integrating Information, Organization, and Architecture. Proceedings of the First International Workshop on Cooperative Buildings (CoBuild'98) February 25–26, 1998, Darmstadt, Germany. Lecture Notes in Computer Science. Heidelberg, 1998.
- [KOHLE 98b] KOHLER N.; Eiermann, O.; Schweiger, B.; Walder, R.; Hofer, P.: Lebenszyklusbezogene Bewertung von Gebäuden – Methoden und Vergleiche. in DAM – Deutsches Architekturmuseum; Die ökologische Herausforderung. Frankfurt, erscheint 1998

- [KOHLE 98c] KOHLER, N.: Grundlagen zur Bewertung kreislaufgerechter, nachhaltiger Baustoffe, Bauteile und Bauwerke. Beitrag zum 20. Aachener Baustofftag 3. März 1998
- [KOHLE 98d] KOHLER, N.; Lützkendorf, Th.: Evaluation Methods of Environmental Impact and Resource Consumption. Conference Proceedings of Green Building Challenge '98 October 26–28, 1998. Vancouver 1998
- [KUCHENMÜLLER 97a] KUCHENMÜLLER, R.: Baubezogenen Bedarfsplanung. In DAB 5/97. Stuttgart, 1997
- [KUCHENMÜLLER 97b] KUCHENMÜLLER, R.: DIN 18205 – Bedarfsplanung im Bauwesen. In DAB 8/97. Stuttgart, 1997
- [LBB 97] LBB – LandesBank Berlin: 2. Umweltbericht – mit betrieblicher Umweltbilanz. Berlin, 1997
- [LBB NRW 94] Landesinstitut für Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung NRW: Ökologische Baumaterialien, Tagungsband 2. Europa Symposium zum ökologischen Bauen 1993. Aachen, 1994
- [LITKE 95] LITKE, H.-D.: Projektmanagement – Methoden, Techniken, Verhaltensweisen. München, Wien, 1995
- [LÜTZKENDORF 98] LÜTZKENDORF, Th.: Task-sharing and Interaction Between Global and Actor-oriented Limit and Target Values in the Design of Buildings. Conference Proceedings of Green Building Challenge '98 October 26–28, 1998. Vancouver, 1998
- [MAIBACH 96] MAIBACH, M. et al.: Die vergessenen Milliarden: externe Kosten im Energie- und Verkehrsbereich. Bern, Stuttgart, Wien, 1996
- [MASSERAT 93] MASSERAT, M.: Endlichkeit der Natur und Überfluß in der Marktökonomie. 1993
- [MNUL SH 93] Ministerium für Natur, Umwelt und Landesentwicklung Schleswig-Holstein (Hrsg.): Kriterien für das ökologische Bauen. Kiel, 1993
- [MUF RP 95] Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz (Hrsg.): Ökologisch orientiertes Planen und Bauen. Mainz, 1995
- [MÜLLER A. 96] MÜLLER, A.; Wallrodt, K.: Spezifische Stoffströme beim selektiven Gebäuderückbau. In Bauschuttrecycling und Deponietechnik 2/96
- [MÜLLER C. 99] MÜLLER, C.: Der Virtuelle Projektraum – Organisatorisches Rapid-Prototyping in einer internetbasierten Telekooperationsplattform für Virtuelle Unternehmen im Bauwesen. Dissertation (noch in Bearbeitung). Karlsruhe 1999
- [ODUM 91] ODUM, E.P.: Prinzipien der Ökologie: Lebensräume, Stoffkreisläufe, Wachstumsgrenzen. Heidelberg, 1991
- [ODUM 83] ODUM, E.P.: Grundlagen der Ökologie in 2 Bänden. Stuttgart, New York, 1983
- [OGIP 96] KOHLER, N. et al.: Schlußbericht des Projektes OGIP: Optimierung von Gesamtanforderungen für Energiebedarf, Baukosten und Umweltbelastung in der Integralen Planung. Bundesamt für Energiewirtschaft und Amt für Bundesbauten. Karlsruhe, Weimar, Zürich, 1996.
- [ÖKOINSTITUT 97] ÖKOINSTITUT e.V.: Umweltschutz im Cyberspace. Zur Rolle der Telekommunikation für eine nachhaltige Entwicklung. Freiburg, 1997
- [ÖKOINVENTARE 95] Frischknecht, R. et al: ÖKOINVENTARE für Energiesysteme. ETHZ- ESU (Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Gruppe Energie-Stoffe-Umwelt). Bern, 1995.

- [ÖKOINVENTARE 96] Zimmermann, P. et al: ÖKOINVENTARE von Entsorgungsprozessen ETHZ-ESU (Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Gruppe Energie-Stoffe-Umwelt). Zürich, 1996
- [ÖKOINVENT-BAU 95] KOHLER, N. et al.: Ökoinventare von Baustoffen. Baustoffbericht im Rahmen der Forschungsprojekte KOBEEK und OGIP – 1995. Karlsruhe, 1995
- [ÖLB 96] Vogel, M. et al: Ökologie in Leistungsbeschreibungen, Ergänzung des Normpositionen-Kataloges (NPK) durch Informationen zur ökologischen Optimierung der Leistungsbeschreibung, Methodische Grundlagen, Vorabzug, Zürich, 1996
- [PATZAK 98] PATZAK, G.; Rattay, G.: Projekt-Management. Wien, 1998
- [PEARCE 89] PEARCE, D.W.; Markandya, A.; Barbier, E.B.: Blueprint for a Green Economy. London, 1989
- [PETERSEN 98] PETERSEN, E.H.: Database and inventory tool for building components and buildings' environmental parameters. Danish Building Research Institute, SBI. SBI-rapport 275, 2. edition. Horsholm, 1998
- [RAVEL 96] RAVEL – Rationale Verwendung von Elektrizität, Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.): TOP – Teamorientiertes Planen mit dem neuen Leistungsmodell 95 des SIA (LM 95). Bern, 1996
- [REES 92] REES, W. E.: Appropriated Carrying Capacity: Ecological Footprints and the Built Environment. In Intern. Research Workshop Buildings and the Environment. Cambridge Univ., 1992
- [REGENER 97a] REGENER Regional Planning for the Development of Renewable Energies. Final report. Introduction to Life Cycle Analysis of Buildings. Environmental impacts of building during their life cycle: definitions and concepts. APAS Projekt, EC-DG XII, 1997.
- [REGENER 97b] REGENER Regional Planning for the Development of Renewable Energies. Final report. 2 Application of the Life Cycle Analysis of buildings. Detailed description and review. APAS Projekt, EC-DG XII, 1997.
- [REGENER 97c] REGENER Regional Planning for the Development of Renewable Energies. Final report. 3. The Integration of Environmental Assessment in the Building Design Process, Development of a design tool box. APAS Projekt, EC-DG XII, 1997.
- [RENTZ 94] RENTZ, O.; Ruch, M.; Nicolai, M.; Spengler, T.; Schultmann, F.: Selektiver Rückbau und Recycling von Gebäuden, dargestellt am Beispiel des Hotel Post in Dobel. Landberg, 1994
- [SCHALTEGGER 91] SCHALTEGGER, S.; Sturm, A.: Methodik der ökologischen Rechnungslegung in Unternehmen. WWZ-Studien Nr. 33, Wirtschaftswissenschaftliches Zentrum der Universität Basel, 1991
- [SCHINDLER 98a] SCHINDLER, M.: Knowledge Management im Rahmen der verteilten Projekt- abwicklung. Arbeitsbericht-Nr. HSG/MCM/CC EKM/16 Version 1.5. Universität St. Gallen, Hochschule für Wirtschafts-, Rechts- und Sozialwissenschaften. Institut für Medien- und Kommunikationsmanagement. St. Gallen, 1998
- [SCHINDLER 98b] SCHINDLER, M.; Hilb, M.; Fausch, M.: Trends und Technologien im Rahmen der verteilten Projekt- abwicklung. Bericht-Nr. HSG/MCM/CC EKM/1 Version 1.0. Universität St. Gallen, Hochschule für Wirtschafts-, Rechts- und Sozialwissenschaften. Institut für Medien- und Kommunikationsmanagement. St. Gallen, 1998
- [SCHMIDT-BLEEK 94] SCHMIDT-BLEEK, F.: Wieviel Umwelt braucht der Mensch?: MIPS – das Maß für ökologisches Wirtschaften. Berlin, Basel, Boston, 1994
- [SCHULTMANN 97] SCHULTMANN, F.; Ruch M., Sindt, V.; Rentz, O.: Schadstofforientierte Erfassung und Demontage von Gebäuden. In: Abfallwirtschafts-Journal 3/1997

- [SETAC 93] SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry): A conceptual framework for Life-Cycle Impact Assessment. Brüssel, 1993.
- [SETAC 96] SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry): Towards a Methodology for Life-Cycle Impact Assessment. Brüssel, 1996.
- [SHIERS 96] SHIERS, D.: The Green Guide to Specification, An Environmental Profiling System for Building Materials and Components. Post Office Property Holdings. England, 1996
- [SIA D018] SIA – Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: SIA DO118, Ökologie in der Haustechnik, Orientierungshilfe für Bauherren, Architekten und Haustechnikplaner im ökologischen Planen und Bauen, Empfehlungen für die Materialwahl Haustechnik. Zürich, 1995
- [SIA D0122] SIA – Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: SIA DO122, Ökologische Aspekte des Bauens, Versuch einer gesamtheitlichen Betrachtung in der Ausbildung von Architekturstudentinnen und -studenten am Technikum Winterthur, Ingenieurschule. Zürich, 1995
- [SIA D0123] SIA – Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: SIA DO123, Hochbaukonstruktionen nach ökologischen Gesichtspunkten. Zürich, 1995
- [SIA D0137] SIA – Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, E2000, Diane Öko-Bau:: SIA DO137, Checklisten für energiegerechtes, ökologisches Planen und Bauen. Zürich, 1996
- [SIA D0152] SIA – Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: D0152 – Instrumente für ökologisches Bauen im Vergleich. Ein Leitfaden für das Planungsteam. Zürich, 1998
- [SIA LM 95] SIA – Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: SIA V112/1, Leistungsmodell 95, Phasengliederung, Leistungsmodule. Zürich, 1996
- [SIA 380/1] SIA – Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: SIA 380/1, Energie im Hochbau. Zürich, 1988
- [SIA 380/4] SIA – Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: SIA 380/4, Elektrische Energie im Hochbau, Empfehlung. Zürich, 1992
- [SIA 501 500] SIA – Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: SIA 501 500, Modulordnung im Bauwesen. Begriffe. Zürich, 1978
- [SIMBAU] SIMBAU – Simulation im Bauwesen. Vortragsreihe an der Fakultät für Architektur, Universität Karlsruhe (TH).  
Publiziert unter [www-lbta.arch.uni-karlsruhe.de /simbau](http://www-lbta.arch.uni-karlsruhe.de/~simbau). Karlsruhe, 1997
- [SPOLD 96] Singhofen, A. et al: Introduction to a common format for life cycle inventory data. Spold status report 1996
- [STEEN 92] STEEN, B.; Ryding, S.O.: The EPS Enviro-accounting method, IVL report B 1080. Göteborg, 1992
- [SUKOPP 93] SUKOPP, H.; Wittig, R. (Hrsg.): Stadtökologie. Stuttgart, Jena, New York, 1993
- [TRINIUS 98] TRINIUS, W.: Environmental Assessment. Implementation in the Building Sector. Stockholm, 1998
- [UBA 82] Umweltbundesamt (Hrsg.): Ökologisches Bauen. Wiesbaden, Berlin, 1982
- [UBA 88] Umweltbundesamt (Hrsg.): Ökologisch orientierte Stadterneuerung in Nachkriegssiedlungen. Planspiel zu Handlungs- und Entscheidungsmodellen. Bericht zum 7. Workshop "Ökologisches Planen" in Gummersbach 1987. UBA-Reihe Texte 10/88. Berlin, 1988

- [UBA 91] Umweltbundesamt (Hrsg.): Erfahrungen und Perspektiven. Bericht zum 10. Workshop "Ökologisches Planen" in Gummersbach 1987. UBA-Reihe Texte 7/91. Berlin, 1991
- [UBA 92] Umweltbundesamt (Hrsg.): Ökobilanzen für Produkte – Bedeutung, Sachstand, Perspektiven. Berlin, 1992
- [UBA 97] Umweltbundesamt (Hrsg.): Leitfaden zum ökologisch orientierten Bauen. Heidelberg, 1997
- [VFF 98] VFF – Verband der Fenster- und Fassadenhersteller e.V. (Hrsg.): Ganzheitliche Bilanzierung von Fenstern und Fassaden. Forschungsbericht im Rahmen des Verbundprojekts: Ganzheitliche Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden. Frankfurt, 1998
- [VOLKMANN 96] VOLKMANN, W.: Projektsteuerung für Architekten. In DAB 11/96. Stuttgart, 1996
- [VOLKMANN 97] VOLKMANN, W.: Architekt als Generalplaner. In DAB 4/97. Stuttgart, 1997
- [WEIZÄCKER 95] WEIZÄCKER, E. U., von: Faktor vier: doppelter Wohlstand – halbiertes Naturverbrauch; der neue Bericht an den Club of Rome. München, 1995
- [WHO 92] WHO – World Health Organisation: Our planet, our health. Genf, 1992
- [WIEGAND 95] WIEGAND, J.: Leitfaden für das Planen und Bauen mit Hilfe der Wertanalyse. Wiesbaden, Berlin, 1995
- [WISCHNEWSKI 93] WISCHNEWSKI, E.: Modernes Projektmanagement. Braunschweig, Wiesbaden, 1993
- [WOTTE 96] WOTTE, J.: Ressourcenschutz und Abfallvermeidung – Potentiale durch Clean Technology. In [DBU 96]
- [WRI 95] World Resources Institute: Environmental Indicators: A systematic Approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. Washington, 1995
- [WSV 95] WSV (Wärmeschutzverordnung): Bundesministerium für Bauordnung, Bauwesen und Städtebau: Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden, 1995
- [ZWIENER 95] ZWIENER, G.: Ökologisches Baustoff-Lexikon, 2. Auflage. Heidelberg, 1995



## A Anhang

### A.1 ECOCHECK

Dieses Kapitel beschreibt ECOCHECK, einen Prototyp für eine Dynamische Projektcheckliste. Es ist in folgende Unterkapitel aufgeteilt: Zielsetzung (A.1.1) und Programmstruktur (A.1.2). Da es sich um ein bisher erst projektiertes Planungswerkzeug handelt, haben die folgenden Ausführungen eher den Charakter von einem Anforderungsprofil auf der einen Seite und von Lösungsvorschlägen auf der anderen Seite.

#### A.1.1 Zielsetzung

ECOCHECK ist ein Prototyp für eine dynamische Projektcheckliste, deren Zielsetzung die Integration von Kriterien der ökologischen Nachhaltigkeit in den Planungsprozeß ist. Er soll zum einen für die am Projekt Beteiligten eine Informationsquelle darstellen, die zum Erreichen eines einheitlichen Informationsniveaus aller Beteiligten beiträgt. Zum anderen soll er die Navigation durch den Planungsprozeß (im Hinblick auf die Kriterien der ökologischen Nachhaltigkeit) unterstützen, indem die notwendigen Maßnahmen strukturiert und ihre Bearbeitungsstände verwaltet werden können. ECOCHECK ist konzipiert als Entwurfswerkzeug, das begleitend zum gesamten Projektverlauf eingesetzt wird.

#### A.1.2 Programmstruktur

##### Datenbank

Das Kernstück von ECOCHECK besteht in einer umfangreichen Basis-Datenbank mit Einträgen, die Handlungsanweisungen/Aufgaben zur Berücksichtigung von Kriterien ökologischer Nachhaltigkeit repräsentieren. Jeder Aufgaben-Datensatz besteht aus einer stichpunktartigen Kurzform, einer ausführlichen textlichen, ggf. auch grafischen, Darstellung der Aufgabe und einer Reihe zusätzlicher Informationen über die Projektphase, in der sie auszuführen ist, über die durch ihre Bearbeitung betroffenen Komponenten des Gebäudes, über die zur Bearbeitung erforderlichen Kompetenzen, über Werkzeuge, die bei der Bearbeitung eingesetzt werden können und über die Beziehungen zu anderen Aufgaben. Diese Datenbank enthält einen Grundstock an Datensätzen mit Informationen, die mit sogenannten Default-Werten belegt sind, d.h. mit Werten, die für die meisten Entwurfsaufgaben Gültigkeit besitzen. Die Datenbank hat jedoch eine offene Struktur, die Anpassungen durch den Nutzer erlaubt. Sie ist gekoppelt an weitere Datenbanken, in denen projektspezifische Informationen über die Aufgaben wie der Bearbeitungsstatus und die Dokumentation desselben und über das Planungsteam und die Beziehungen zu den Aufgaben verwaltet werden. ECOCHECK besitzt eine Benutzeroberfläche, die diese Daten dem Anwender in unterschiedlichen Repräsentationen zur Verfügung stellt.

##### Benutzerführung

Wie bereits in Kapitel 6.1.2 ausgeführt kann die dynamische Projektcheckliste unter zwei Aspekten betrachtet werden: der Bereitstellung von Informationen und der Verwaltung der Projektaufgaben. Die folgende Beschreibung zeigt die Funktionalität des Prototyps im Hinblick auf diese Aspekte auf.

## Auswahl der für das konkrete Projekt relevanten Aufgaben

Die Basisdatenbank gibt einen umfassenden Überblick über Aufgaben, die in einer die ökologische Nachhaltigkeit berücksichtigenden Gebäudeplanung für unterschiedliche Projekte zu erfüllen sind. Für ein konkretes Projekt sind jedoch nicht alle Aufgaben relevant. Deshalb erfolgt als erster Bearbeitungsschritt eine Zusammenstellung der für das konkrete Projekt relevanten Aufgaben in einer spezifischen Projekt-Datei.

## Anpassung/Zuordnung von Beziehungen zwischen den Aufgaben

Beziehungen zwischen den einzelnen Aufgaben sind in der in Kapitel 6.1.3 beschriebenen Struktur bereits in der Basisdatenbank vordefiniert, können jedoch für das konkrete Projekt angepaßt oder ganz neu erstellt werden.

## Benutzeroberfläche

ECOCHECK stellt dann mit der Haupt-Benutzeroberfläche (wie in Abbildung 38 dargestellt) eine Sicht auf die Datenbank dar, in der die Aufgaben im Mittelpunkt stehen. Die Darstellung auf dem Bildschirm ist in fünf Bereiche unterteilt.



Abbildung 38: ECOCHECK - Benutzeroberfläche, Darstellung der Aufgaben

1. Der Bereich links ist der Darstellung der Aufgaben gewidmet. Die Aufgaben sind in der Reihenfolge ihrer Priorität, die aus der Analyse der Beziehungen untereinander abgeleitet wird, aufgeführt. Falls durch den Anwender die Darstellung einer einzelnen Projektphase (siehe Filterfunktionen, Seite 163) gewählt wurde, ist dieser Bereich selbst horizontal nochmals unterteilt. Im oberen Abschnitt sind dann die eigentlichen Leistungen für die Planung und im unteren Abschnitt die Aufgaben für die Ergebniskontrolle und Entscheidungen dargestellt.

2. Der Bereich in der Mitte zeigt eine ausführliche Beschreibung zu der gerade angewählten Aufgabe. Diese Beschreibung enthält Hintergrundinformationen und gibt Hinweise auf besonders zu berücksichtigende Punkte und eventuelle Lösungsansätze für die Bearbeitung.
3. Der Bereich rechts enthält weitere mit der Aufgabe verknüpfte Informationen über:
  - (a) den für eine Aufgabe verantwortlichen Akteur sowie die mit der Bearbeitung der Aufgabe betrauten Akteure.  
Diese Felder werden zunächst in einer allgemeinen Struktur mit den Funktionen der Akteure vorbelegt und können im Laufe der Bearbeitung durch konkrete Personen ersetzt werden (siehe Zuordnung von konkreten Personen, Seite 165).
  - (b) die Gebäudekomponente, die durch die Bearbeitung der Aufgabe beeinflusst werden.  
Hier können verschiedene Gliederungsstrukturen (z.B. eine Elementgliederung, eine Strukturierung nach dem Raumprogramm, nach DIN 276 oder DIN 277) abgebildet werden. Die Zuordnung kann dabei in einer beliebigen Gliederungstiefe (z.B. ganzes Gebäude  $\iff$  Fensterflächen nach Süden) erfolgen.
  - (c) die Planungswerkzeuge, die Hilfestellung bei der Bearbeitung bieten.
4. Der Bereich unterhalb des Beschreibungsfeldes enthält ebenfalls mit der Aufgabe verknüpfte Informationen über:
  - (a) den Aufgabenstatus,
  - (b) die Dokumentation der Ergebnisse und Zwischenergebnisse,
  - (c) die Beziehungen, in der die Aufgabe zu anderen Aufgaben steht.  
Hier werden die unter Punkt Anpassung/Zuordnung von Beziehungen zwischen den Aufgaben (siehe Seite 162) beschriebenen Zuordnungen von Beziehungen dargestellt. Links werden die Aufgaben aufgelistet, deren Bearbeitung bereits abgeschlossen sein muß, bevor die aktuell angezeigte Aufgabe bearbeitbar ist. Rechts werden diejenigen Aufgaben angezeigt, die einen unmittelbaren Bezug zur aktuellen Aufgabe haben und deshalb zeitlich parallel und in ständiger Abstimmung bearbeitet werden müssen.
5. Im oberen Bereich sind verschiedene Filterfunktionen integriert (siehe nächster Punkt Filterfunktionen).

### Filterfunktionen

Die integrierten Filterfunktionen erlauben dem Anwender spezifische Sichten auf die Datenbank und unterstützen somit die Übersichtlichkeit. Es werden für die im folgenden Text beschriebenen Eigenschaften Filterfunktionen bereitgestellt, die beliebig miteinander kombinierbar sind.

- **Projektphase**  
Mit der Auswahl einer bestimmten Projektphase, wird der Fokus auf den Bearbeitungszeitpunkt enger gezogen.
- **Aufgaben-Status**  
Der Filter Aufgaben-Status ermöglicht z.B. die gezielte Darstellung derjenigen Aufgaben, die zwar bearbeitbar sind, jedoch noch nicht bearbeitet werden, oder derjenigen Aufgaben, die aufgrund nicht abgeschlossener vorgeschalteter Aufgaben noch nicht bearbeitbar sind. Diese Informationen können den Projektverantwortlichen bei der Projektplanung -insbesondere bei der Einhaltung der Terminplanung- unterstützen.
- **Akteur/Personen**  
Mit der Filterfunktion Akteur/Personen kann ein Auszug der Aufgaben gezeigt werden, die eine bestimmte Funktion innerhalb des Planungsteams (Architekt, Statiker etc.) betreffen bzw. die bereits einer konkreten Person zugeordnet wurde.
- **Bauwerkskomponenten**  
Mit der Auswahl einer bestimmten Bauwerkskomponente wird ein Fokus auf ein bestimmtes Element, einen bestimmten Raum oder auf eine Flächenart etc. gesetzt.

## “Links”

Um eine möglichst einfache Handhabbarkeit zu ermöglichen und das intuitive Wahrnehmen des Nutzers zu unterstützen, werden möglichst viele Informationen, die in der jeweils aktuellen Bildschirmdarstellung nur stichpunktartig aufgeführt werden, mit sogenannten “links” versehen. Nach dem Anwählen eines derartigen Punktes erfolgt dann eine neue Darstellung auf dem Bildschirm, in der dieser Punkt zentrales Thema ist. Das Anwählen eines Planungswerkzeuges kann dann beispielsweise zu einer neuen Seite, wie in Abbildung 39 dargestellt, führen.

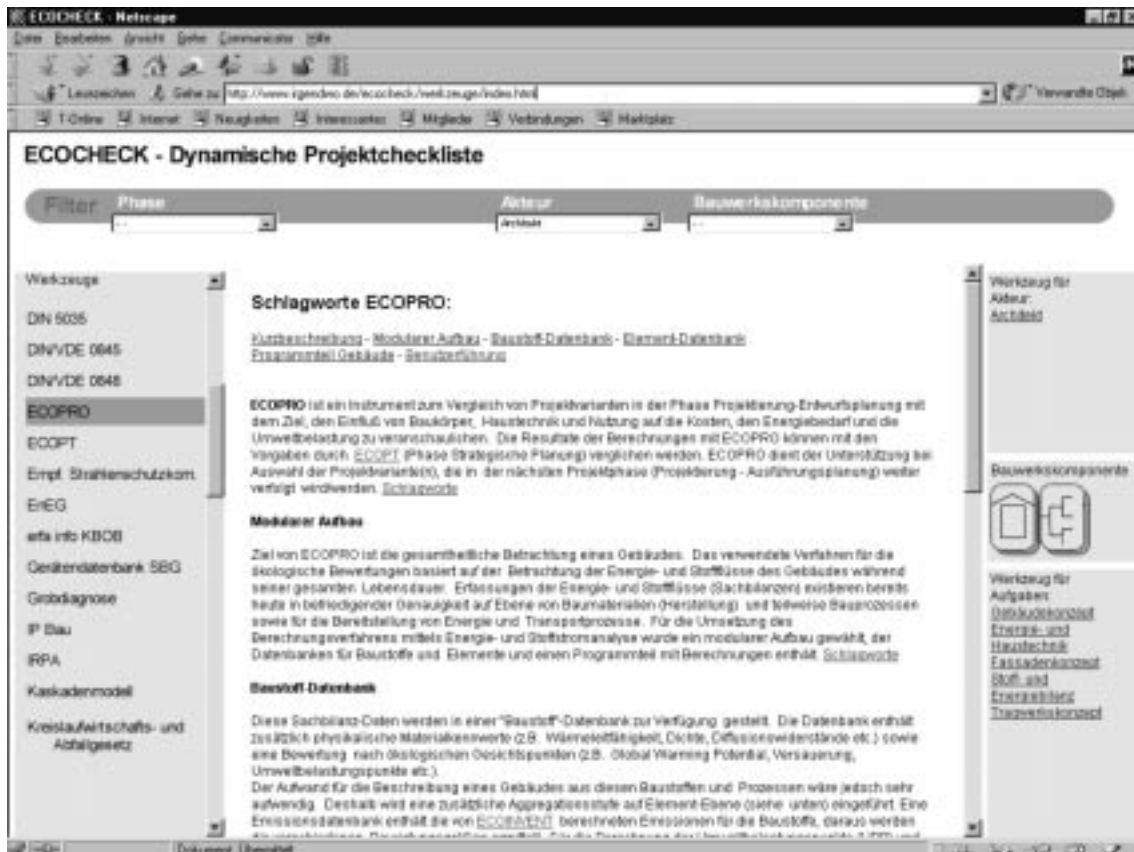


Abbildung 39: ECOCHECK - Benutzeroberfläche, Darstellung der Planungswerkzeuge

## Kennzeichnung des Bearbeitungsstatus

Die Aufgaben nehmen während des Planungsprozesses unterschiedliche Bearbeitungszustände ein:

**nicht bearbeitbar:** Aufgabe kann noch nicht bearbeitet werden, weil die Bearbeitung anderer Aufgaben Voraussetzung dafür ist.

**bearbeitbar - wartet:** Aufgabe kann bearbeitet werden, die Bearbeitung wurde noch nicht angefangen.

**in Bearbeitung:** Aufgabe wird bearbeitet.

**fertig:** Bearbeitung der Aufgabe ist abgeschlossen.

**im Projekt nicht relevant:** Dieser Status nimmt eine Sonderstellung ein. Er kennzeichnet Aufgaben der Basis-Datenbank, die keine Relevanz für das konkrete Projekt besitzen.

Der Bearbeitungsstatus einer Aufgabe kann durch den Anwender jederzeit (siehe Abbildung 38, unterer Bereich) geändert werden. In der Auflistung der Aufgaben auf der linken Seite werden die unterschiedlichen Bearbeitungszustände farblich markiert, um einen schnellen Überblick zu

geben. Wie bereits unter dem Punkt Filterfunktionen (siehe Seite 163) erwähnt, können die Aufgaben auch auf der Grundlage ihrer Bearbeitungsstände gefiltert werden.

### **Dokumentation**

Die Ergebnisse, ggf. auch die Zwischenergebnisse, jeder Aufgabe müssen dokumentiert werden. In ECOCHECK kann jeder Aufgabe eine Information über das Datum und den Platz der Dokumentation(en) zugeordnet werden. Falls die Dokumentationen in entsprechender digitaler Form vorliegen, können auch direkte Verknüpfungen mit ihnen erfolgen.

### **Zuordnung von konkreten Personen**

ECOCHECK unterstützt die Zuordnung von Aufgaben zu konkreten Personen. Hierzu wird in einem ersten Schritt jede Person des Projektteams mit ihrer Funktion innerhalb des Projekts in der projektspezifischen Datenbank abgebildet. In einem zweiten Schritt können dann für jede Aufgabe der Verantwortliche für die Aufgabe und die Bearbeiter (siehe Abbildung 38, rechter Bereich) zugeordnet werden. ECOCHECK kann diesen Zuordnungsprozeß auf der Basis der allgemeinen Verknüpfung der Aufgaben mit der Funktion der Akteure und der Abbildung des Projektteams in der Projektdatenbank unterstützen, die Entscheidung muß in letzter Konsequenz jedoch der Anwender treffen. Diese Zuordnung ermöglicht jedem Mitglied des Projektteams einen "persönlichen" Blick auf die Datenbank (siehe Filterfunktionen, Seite 163), der die eigenen Aufgaben zeigt.



## A.2 ECOPT

Dieses Kapitel beschreibt ECOPT, einen Prototyp für ein Bewertungs- und Analyse-Werkzeug. Es ist in folgende Unterkapitel aufgeteilt: Zielsetzung (A.2.1), Programmstruktur (A.2.2), Input (A.2.3), Output (A.2.4), Annahmen für die Berechnungen (A.2.5) und Datengrundlage (A.2.6).

### A.2.1 Zielsetzung

ECOPT wurde als Instrument für die Phase der strategischen Planung entwickelt, um verschiedene Gebäudenutzungsvarianten untereinander zu vergleichen. Das Ziel ist die Darstellung des Einflusses verschiedener Nutzungen und Anforderungsniveaus auf die zu erwartenden Umweltbelastungen und Kosten.

### A.2.2 Programmstruktur

ECOPT ist in Form einer EXCEL<sup>215</sup>-Datei (Version 5) realisiert. Die Steuerung des Programmablaufs (Popup-Eingabefenster, wechselnde Diagramm- und Tabellenfenster für die Auswertung) erfolgt über ein integriertes VisualBasic<sup>216</sup>-Modul. Die Berechnungen werden auf den üblichen Tabellenblättern vorgenommen. Die Speicherung der Basisdaten erfolgt ebenfalls auf entsprechenden Tabellenblättern. Dies ermöglicht eine einfache Veränderung oder Ergänzung der Basisdaten durch den Anwender. Benutzern mit entsprechender Erfahrung läßt diese offene Struktur auch die Möglichkeit zur Anpassung und/oder Erweiterung auf die eigenen Bedürfnisse.

Über eine Setup-Routine kann ECOPT für die benutzerspezifische Hardware konfiguriert werden (z.B. Bildschirmanzeige).

ECOPT ermöglicht die gleichzeitige Berechnung und vergleichende Auswertung von bis zu vier Gebäudevarianten. Die Projektdaten (Eingabewerte und Resultate) können in externen Dateien gesichert und wieder eingelesen werden.

Für die Anwendung von ECOPT sind keine speziellen Kenntnisse über EXCEL erforderlich. ECOPT besitzt eine kontextbezogene Online-Hilfe, in der für Microsoft-Produkte üblichen Struktur.

Nach dem Start von ECOPT erscheint ein Übersichtsbildschirm, der im oberen Bereich eine Steuerleiste enthält mit Schaltflächen für die Dialogfenster zum Setup und zur Dateneingabe und Auswahlfenstern für die Definition der Anforderungsniveaus, des gewünschten Betrachtungszeitraums und der Art der Auswertung. Das Hauptfenster wird nochmals in zwei Bereiche unterteilt: der linke Bereich zeigt einen Überblick über die eingegebenen Daten für die Varianten, der rechte die Auswertung. Die Steuerung der verschiedenen Darstellungs- und Auswertungsarten erfolgt über Schaltflächen oder Dropdown-Felder.

### A.2.3 Input

Die Dateneingabe erfolgt über Dialogfelder (Abbildung 40), offensichtliche Fehleingaben werden unterdrückt.

Es können 4 Varianten miteinander verglichen werden. Für jede sind folgende bauprogrammspezifischen Variablen einzugeben:

---

<sup>215</sup> EXCEL ist ein Produkt der Microsoft Corporation.

<sup>216</sup> VisualBasic ist ein Produkt und eingetragenes Warenzeichen der Microsoft Corporation

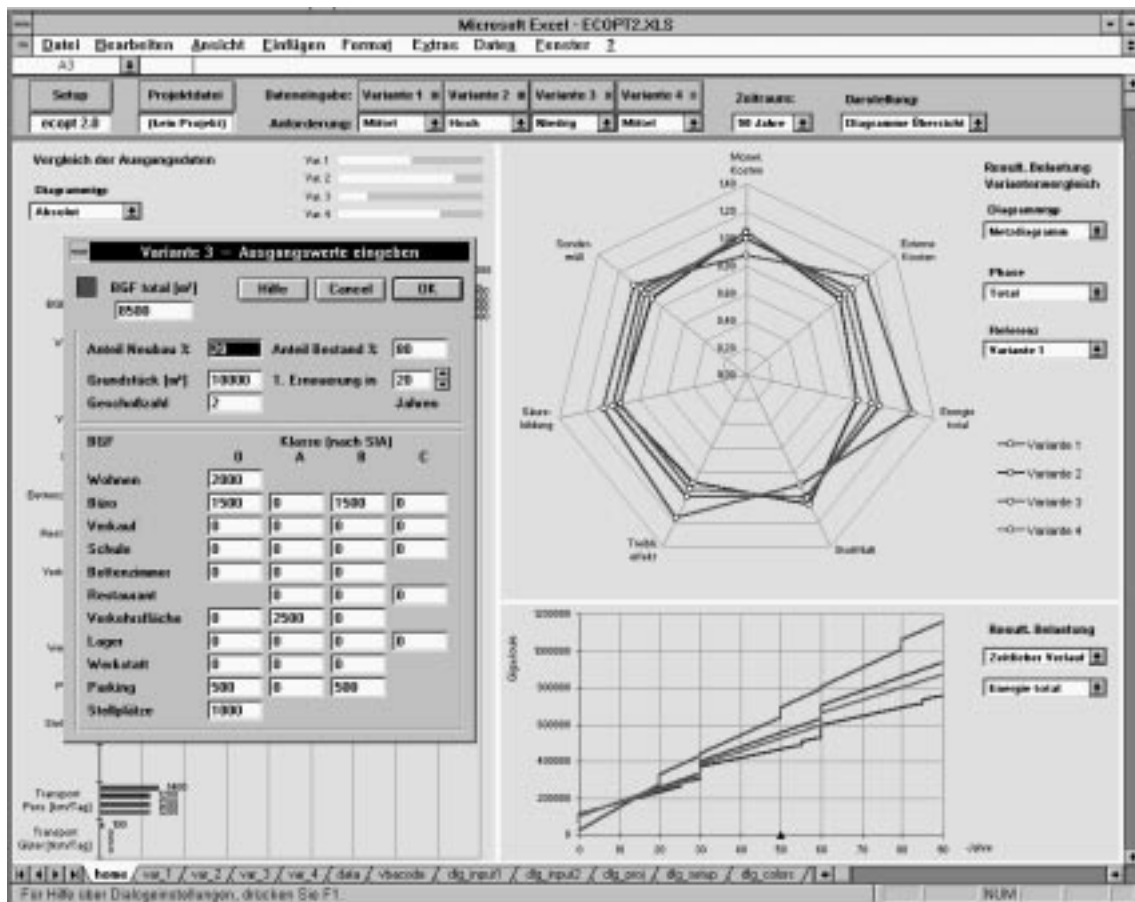


Abbildung 40: ECOPT - Input

- Nutzflächen verschiedener Kategorien und Ausrüstungsstandards,<sup>217</sup>
- die Geschloßzahl,
- die Grundstücksfläche,
- die Distanzen und Anzahl der Personen bzw. die Gütermenge für das Verkehrsaufkommen, das durch das Gebäude initiiert wird,
- die Anteile von Neubauten/Umbauten (erhebliche Eingriffe)/Bestand an der gesamten Nutzfläche sowie
- die Zeitspanne, nach der die erste Erneuerung im Bestand notwendig wird.

Darüber hinaus wird für jede Variante eines der drei Anforderungsniveaus ausgewählt:

**Hohe Anforderung:** Gebäude mit niedriger Umweltbelastung durch Verwendung besonderer Technologien, sehr aufwendig in der Planung.

**Mittlere Anforderung:** Durchschnittliche Ausrüstung, energie- und umweltbewußt, allgemein realisierbarer Standard entsprechend den Zielwerten der geltenden Normen.

**Niedrige Anforderungen:** An der Untergrenze der gesetzlichen und normativen Anforderungen, es kann sich aber um technisch aufwendige Gebäude handeln (Klimaanlagen etc.).

Die weiteren Variablen, die zur Berechnung (meistens Kennwerte, siehe Kapitel A.2.6) verwendet werden, können nicht direkt durch Benutzereingaben verändert werden. Sie sind jedoch auf Datenblättern abgelegt, die vom Benutzer an die eigenen Bedürfnisse angepaßt werden können. Die eingegebenen Daten aller Varianten werden zur Veranschaulichung in einem Diagramm oder einer Tabelle vergleichend dargestellt.

<sup>217</sup>gemäß [SIA 380/4]



### A.2.4 Output

Neben der bereits erwähnten Darstellung der Eingabedaten aller Varianten werden die Berechnungsergebnisse in tabellarischer oder grafischer Form dargestellt (siehe Abbildung 41 und 42):

		Monetäre Kosten TDM	Externe Kosten TDM	Energie total GJ	Stoffflus t	Treibhauseffekt tCO2-Äq	Säurebildung tSO2-Äq	Sondermüll kg	Versiegl. m²
<b>Variante 1</b>	Instandb.	49.900	7.700	210.000	22.000	11.000	99	7.000	2.000
	Betrieb	5.700	3.400	180.000	1	8.500	24	1.200	0
	Nutzung	15.900	4.200	170.000	2.300	7.100	49	1.700	0
	<b>Total rd.</b>	<b>69.000</b>	<b>15.000</b>	<b>560.000</b>	<b>24.000</b>	<b>27.000</b>	<b>179</b>	<b>10.000</b>	<b>2.000</b>
<b>Variante 2</b>	Instandb.	55.900	8.900	240.000	23.000	13.000	120	7.100	3.000
	Betrieb	4.300	2.800	140.000	1	6.300	19	940	0
	Nutzung	13.900	2.200	87.000	2.100	3.900	26	920	0
	<b>Total rd.</b>	<b>73.000</b>	<b>13.000</b>	<b>470.000</b>	<b>25.000</b>	<b>23.000</b>	<b>169</b>	<b>8.000</b>	<b>3.000</b>
<b>Variante 3</b>	Instandb.	37.900	6.700	190.000	19.000	9.900	99	6.900	1.200
	Betrieb	10.900	6.700	340.000	3	15.000	51	2.500	0
	Nutzung	14.900	4.900	180.000	2.000	6.900	45	1.600	0
	<b>Total rd.</b>	<b>63.000</b>	<b>17.000</b>	<b>690.000</b>	<b>21.000</b>	<b>31.000</b>	<b>199</b>	<b>11.000</b>	<b>1.200</b>
<b>Variante 4</b>	Instandb.	52.900	7.900	210.000	22.000	11.000	99	6.900	3.000
	Betrieb	5.400	3.300	170.000	1	8.000	24	1.200	0
	Nutzung	15.900	3.400	140.000	2.300	5.700	39	1.400	0
	<b>Total rd.</b>	<b>72.000</b>	<b>14.000</b>	<b>520.000</b>	<b>24.000</b>	<b>25.000</b>	<b>169</b>	<b>9.500</b>	<b>3.000</b>

Abbildung 41: ECOPT - Output tabellarisch

Die Darstellung erfolgt differenziert nach Belastungsprozessen (in ECOPT mit Phasen bezeichnet) und Bewertungskriterien.

Als Belastungsprozesse werden im einzelnen betrachtet:

- die Bauprozesse für Gebäudeerstellung, Erneuerung und Entsorgung (Abbruch)
- die Gebäudebetriebsprozesse für Heizung, Lüftung, Beleuchtung etc.
- die nicht gebäudespezifischen Nutzungsprozesse (allgemeine Prozeßenergie, Verbrauchsmaterialien sowie das induzierte Verkehrsaufkommen)

Diese Prozesse werden für folgende Bewertungskriterien analysiert:

- Monetäre Kosten
- Externe Kosten
- Primärenergiebedarf
- totaler Stoffstrom
- Säurebildungspotential
- Treibhauspotential
- Sondermüllaufkommen
- Versiegelungsgrad

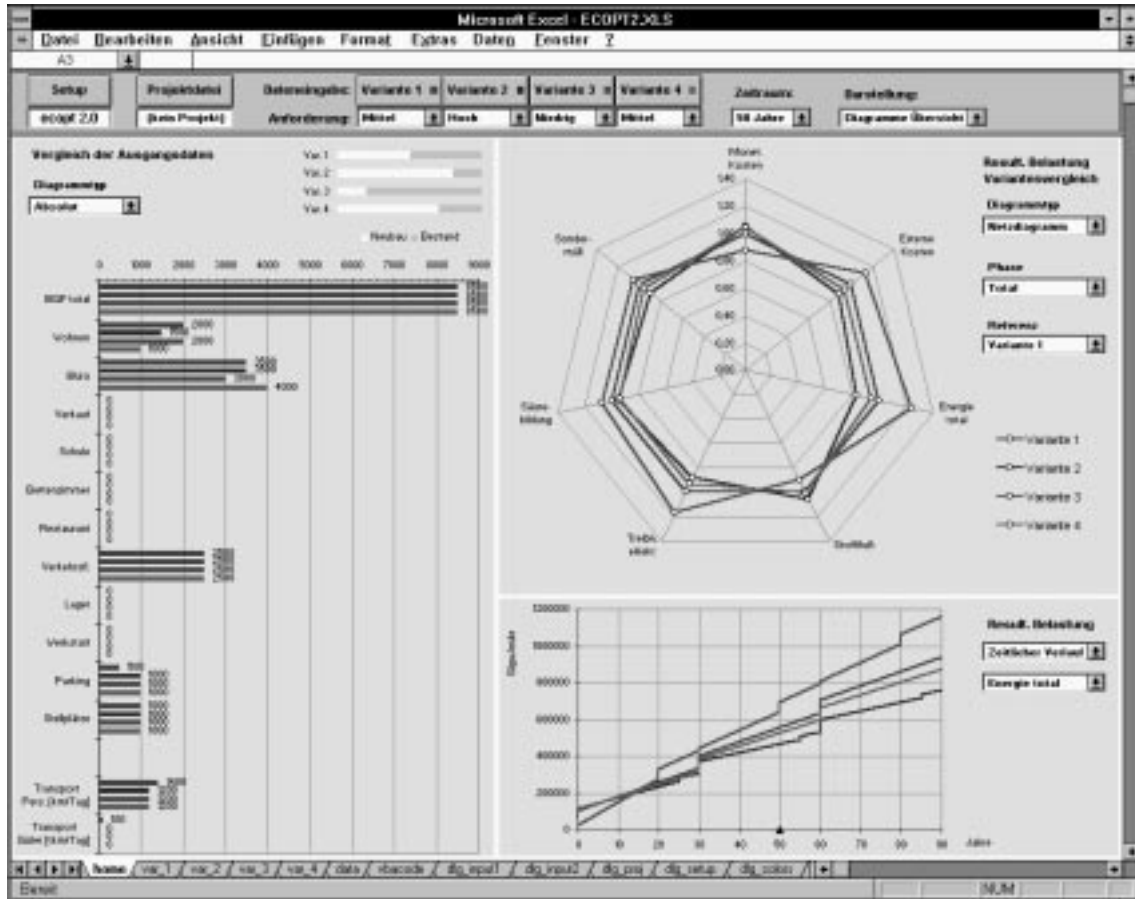


Abbildung 42: ECOPT - Output grafisch

Bei der grafischen Darstellung (Abbildung 42) zeigt ein Diagramm einen Vergleich aller Bewertungsgrößen für alle Varianten. Die Darstellung kann in Relation zu einer wählbaren Variante als Referenzobjekt und für die verschiedenen Belastungsprozesse separat oder als Gesamtbelastung erfolgen. Die Diagrammart ist wählbar. Ein weiteres Diagramm stellt für eine wählbare Variante die Belastungen differenziert nach den verursachenden Prozessen dar.

Im erweiterten Modell (siehe auch Kapitel A.2.5) erfolgt die Darstellung der Resultate zusätzlich in ihrem zeitlichen Verlauf, wobei die kumulierte Belastung jeweils eines ausgewählten Kriteriums für alle Varianten im Vergleich dargestellt wird. Eine weitere Darstellungsart liegt für dieses Modell mit einem alle Varianten vergleichendem Diagramm vor, in dem wiederum alle Kriterien zu einem bestimmten, wählbaren Zeitpunkt (hierbei werden alle Prozesse entsprechend berücksichtigt) gezeigt werden.

### A.2.5 Annahmen für die Berechnungen

ECOPT berechnet ein Grundmodell und ein erweitertes Modell.

**Im Grundmodell** wird vereinfachend von einer gleichmäßigen Verteilung der Gesamtbelastung (einschließlich der Bauprozesse) über die Gesamtnutzungsdauer ausgegangen.

**Im erweiterten Modell** wird bezüglich der Bauprozesse eine differenzierte Betrachtung über die Zeit vorgenommen, wobei der Betrachtungszeitraum von 10 bis 80 Jahren wählbar ist. In diesem Modell wird die Erstellung des Neubau-Anteils des Gebäudes als einmalige Belastung dem Zeitpunkt 0 zugeordnet. Den Erneuerungsmaßnahmen liegt eine Strategie zugrunde, die eine periodische Belastung mit einem Zyklus von 30 Jahren vorsieht. Für

die Belastungen durch Nutzungsprozesse und den laufenden Unterhalt wird analog zum Grundmodell eine gleichmäßige Verteilung über die Gesamtnutzungsdauer angenommen.

### A.2.6 Datengrundlage

Für die Berechnung werden verschiedene Arten von methodenspezifischen Kennwerten bzw. Referenzwerten verwendet:

- Kennwerte für Belastungskriterien aufgrund der Bauprozesse Erstellung, Erneuerung und Unterhalt
  - Monetäre Kosten
  - Externe Kosten
  - Gesamtenergiebedarf, nicht erneuerbar
  - Stofffluß
  - Säurebildungspotential
  - Treibhauspotential
  - Sondermüllaufkommen
- Kennwerte für Nutzungsprozesse
  - Energiebedarf (Heizung, Lüftung, Beleuchtung, allgemeine Prozesse)
  - Stoffflüsse (Wasserverbrauch, Papier usw.)
  - Reinigungskosten
- Referenzwerte für oben bereits genannte Belastungskriterien aufgrund der Basisprozesse
  - Energiebereitstellung (Strom, Heizenergie/Wärme)
  - Stoffflüsse
  - Transportprozesse (Öffentlicher und Individualverkehr, Personen/Güter)

Die Kennwerte für die Belastungskriterien aufgrund der Bauprozesse und der Nutzungsprozesse sind auf die Fläche bezogen, die Referenzwerte für die Belastungskriterien auf die jeweilige Einheit der Basisprozesse.

Daneben werden noch Kennwerte für die situationsspezifischen Größen

- Anteile der Verkehrsmittel (öffentlich/Individualverkehr),
- Energiepreise,
- Nutzungsdauer respektive Betrachtungszeitraum und
- Zeitraum zwischen zwei Erneuerungsmaßnahmen (Erneuerungsstrategie)

verwendet.

Einige Kennwerte werden abhängig von den Anforderungsniveaus variiert:

- Spezifische Umweltbelastung der Bauprozesse
- Spezifische Baukosten
- Energiekennzahlen bei Nutzungsprozessen
- Stoffströme bei Nutzungsprozessen
- Anteile der Verkehrsmittel am induzierten Verkehrsaufkommen

Zur Datenqualität ist zu sagen, daß die Kennwerte, die aus verschiedenen Quellen stammen (Werte aus deutschen und schweizerischen Normen, Simulationsergebnisse, Literaturwerte und Schätzungen), unterschiedliche Qualitäten aufweisen und zur Zeit in Überarbeitung sind.



### A.3 ECOPRO

Dieses Kapitel beschreibt ECOPRO, einen weiteren Prototyp für ein Bewertungs- und Analyse-Werkzeug. Es ist analog zum vorherigen Kapitel in folgende Unterkapitel aufgeteilt: Zielsetzung (A.3.1), Programmstruktur (A.3.2), Input (A.3.3), Output (A.3.4), Annahmen für die Berechnungen (A.3.5) und Datengrundlage (A.3.6).

#### A.3.1 Zielsetzung

ECOPRO ist ein Instrument zum Vergleich von Projektvarianten in der Phase Projektierung – Entwurfsplanung mit dem Ziel, den Einfluß von Baukörper, Haustechnik und Nutzung auf die Kosten, den Energiebedarf und die Umweltbelastung zu veranschaulichen. Die Resultate der Berechnungen mit ECOPRO können mit den Vorgaben durch ECOPT (Phase strategische Planung) verglichen werden.

ECOPRO dient der Unterstützung bei der Auswahl derjenigen Projektvariante(n), die in der nächsten Projektphase (Projektierung - Ausführungsplanung) weiter verfolgt wird/werden.

#### A.3.2 Programmstruktur

##### Modularer Aufbau

Ziel von ECOPRO ist die gesamtheitliche Betrachtung eines Gebäudes. Das verwendete Verfahren für die ökologischen Bewertungen basiert auf der Betrachtung der Energie- und Stoffflüsse des Gebäudes während seiner gesamten Lebensdauer. Erfassungen der Energie- und Stoffflüsse (Sachbilanzen) existieren bereits heute in befriedigender Genauigkeit auf der Ebene von Baumaterialien (Herstellung) und teilweise von Bauprozessen sowie für die Bereitstellung von Energie und für Transportprozesse. Für die Umsetzung des Berechnungsverfahrens mittels Energie- und Stoffstromanalyse wurde ein modularer Aufbau gewählt, der Datenbanken für Baustoffe und Elemente und einen Programmteil mit Berechnungen enthält.

##### Baustoff-Datenbank

Die für die Berechnung erforderlichen Sachbilanz-Daten werden in einer "Baustoff"-Datenbank zur Verfügung gestellt. Die Datenbank enthält zusätzlich physikalische Materialkennwerte (z.B. Wärmeleitfähigkeit, Dichte, Diffusionswiderstände etc.) sowie Bewertungen nach ökologischen Gesichtspunkten (z.B. Global Warming Potential, Versauerung, Umweltbelastungspunkte etc.) auf der Grundlage der Emissionsdaten (siehe unten).

Der Aufwand für die Beschreibung eines Gebäudes aus diesen Baustoffen und Prozessen wäre jedoch sehr aufwendig. Deshalb wird eine zusätzliche Aggregationsstufe auf Element-Ebene (siehe Seite 174) eingeführt.

Eine Emissionsdatenbank enthält die von ECOINVENT<sup>218</sup> berechneten Emissionen für die Baustoffe, daraus werden die verschiedenen Bewertungsgrößen ermittelt. Für die Berechnung der Umweltbelastungspunkte (UBP) und des Primärenergieinhalts (PEI) werden zusätzliche Daten aus den Sachbilanzen und des Primärenergiebedarfes benötigt, die in separaten Datenbankteilen abgelegt werden.

Die Baustoff-Datenbank und die zugehörigen Komponenten sind nicht für die Bearbeitung durch den Anwender von ECOPRO vorgesehen. Sie können jedoch jederzeit um neue Sachbilanzen/Emissionsdaten erweitert und an neue Bewertungsmethoden (Umweltindikatoren) angepaßt werden.

---

<sup>218</sup>[ÖKOINVENTARE 95]

## Element-Datenbank

In der "Element"-Datenbank werden (zusätzlich zum Element-Aufbau aus Materialien und Prozessen) Informationen über die Lebensdauer, die Erst- und Erneuerungskosten, physikalische Kennwerte und bereits auf Elementebene aggregierte Bewertungen abgelegt.

Zusätzlich können für die Elemente verschiedene Erneuerungsszenarien abgebildet werden, um die durchschnittlichen, jährlichen Kosten und ökologischen Bewertungen für die Erneuerung der Elemente zu ermitteln.

Die Beschreibung des Gebäudes selbst erfolgt im Programmteil Gebäude unter Zugriff auf die Element-Datenbank.

## Programmteil Gebäude

In diesem Programmteil erfolgen alle gebäudespezifischen Eingaben, Berechnungen und die Darstellung der Ergebnisse.

ECOPRO liegt in Form von EXCEL-Dateien (Version 5) vor. Die Benutzeroberfläche enthält grafische Elemente zur Steuerung des Programmablaufs durch den Benutzer (Eingabemasken, Darstellung der Resultate in Form von Diagrammen, Tabellen etc.). Zur Realisierung dieser Benutzerführung wurden mehrere Visual Basic-Module integriert.

Für jede berechnete Gebäudevariante wird eine eigene EXCEL-Datei (im folgenden als Projektdatei bezeichnet) erzeugt, die alle zugehörigen Eingabe- und Ergebnisdaten enthält und separat gespeichert werden kann. Diese Dateien können jedoch nur in Kombination mit ECOPRO benutzt werden. Die Ablage der zu einer Variante eingegebenen Werte erfolgt auf bestimmten Tabellenblättern (eine genaue Beschreibung findet sich in Kapitel A.3.3), die wesentlichen Berechnungen werden auf Tabellenblättern mittels benutzerdefinierter Funktionen vorgenommen. Zur Dokumentation der bearbeiteten Variante können die Tabellenblätter der Projektdateien ausgedruckt werden.

Die Basisdaten für die Berechnungen werden auf einem separaten Tabellenblatt in ECOPRO vorgehalten. Die Anknüpfung an die Element-Datenbank erfolgt über eine Importierungsroutine, die einen ECOPRO-Elementkatalog in einer eigenen Datei mit verschiedenen Tabellenblättern anlegt. (Die erste Version von ECOPRO arbeitete mit einem vorgegebenen Elementkatalog, der im Rahmen von Forschungsprojekten zu Testzwecken zusammengestellt wurde.) Zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Arbeit war die Integration eines Programmteils zum Erweitern bzw. Erstellen von eigenen Elementkatalogen noch in der Entwicklung.

Für in ECOPRO beschriebene Gebäude werden die Kosten und Umweltbelastungen für die Erstellung (einmalig), die Erneuerung und den Unterhalt (aufsummiert über die Lebensdauer) und den Abbruch (einmalig) sowie der Energieverbrauch während der Nutzungsphase (jährlich) und die daraus resultierenden Kosten und Umweltbelastungen ermittelt. Für diese Berechnungen werden vereinfachte Methoden (z.B. ein einfaches Lebenszyklusmodell, siehe Kapitel A.3.5) verwendet.

Für die Arbeit mit ECOPRO sind keinerlei spezielle Kenntnisse im Umgang mit EXCEL erforderlich. Die offene Struktur ermöglicht Anpassungen bzw. Erweiterungen durch Benutzer mit entsprechender Erfahrung.

## Benutzerführung

Die Beschreibung des Gebäudes im Hinblick auf die verwendeten Materialien und Bauprozesse basiert auf dem bereits beschriebenen Elementkatalog. Nach Starten von ECOPRO wird der Anwender zunächst aufgefordert, den Elementkatalog auszuwählen, den er verwenden möchte. Der

Elementkatalog kann während des Programmablaufs nicht geändert werden. Danach erfolgt die Abfrage nach den verschiedenen Gebäudevarianten im Dialogfenster *Gebäudedateien verwalten*. ECOPRO erlaubt die gleichzeitige Bearbeitung von bis zu vier Gebäudevarianten. In diesem Dialogfenster können jederzeit die vier Varianten gespeichert, geschlossen oder geöffnet werden (siehe Abbildung 43).

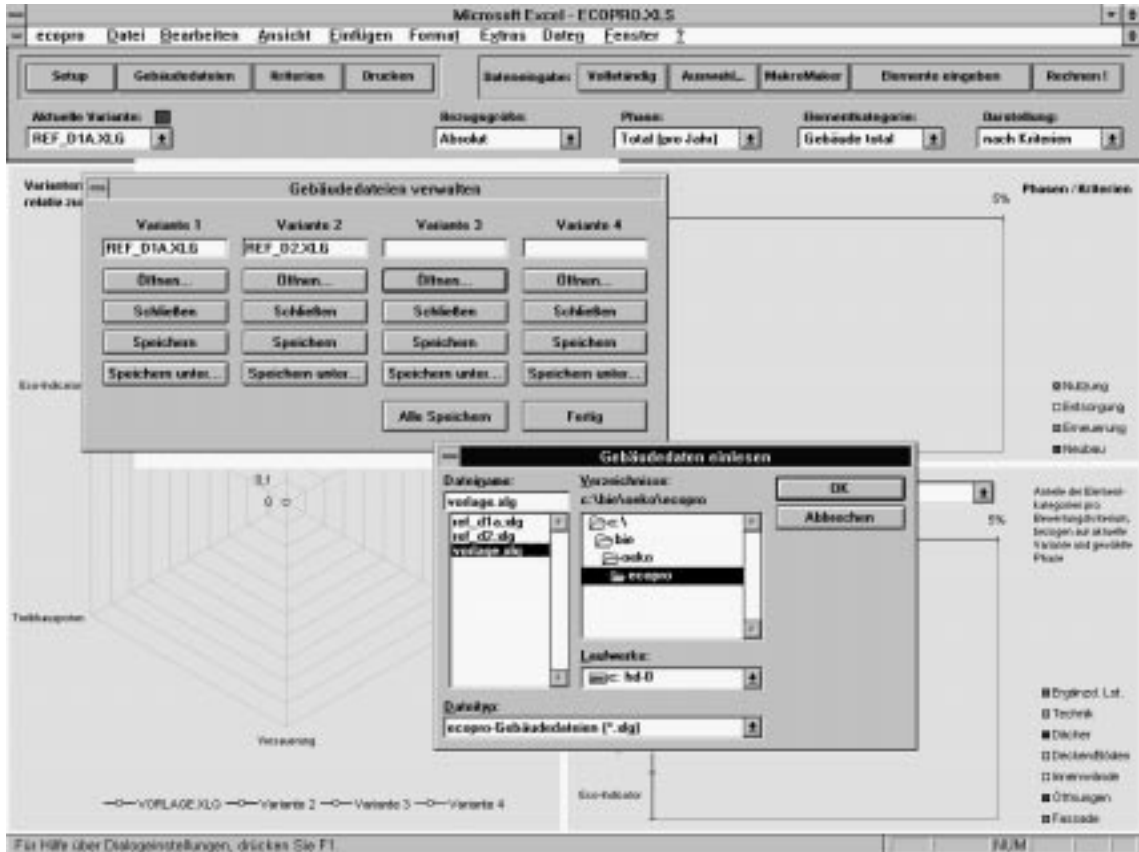


Abbildung 43: ECOPRO - Verwaltung der Gebäudevarianten

Nach erfolgter Auswahl der Gebäudevarianten meldet sich ECOPRO mit einer Oberfläche, die eine Steuerleiste mit Schaltflächen sowie grafische oder tabellarische Auswertungen dieser Gebäudevarianten zeigt. Alle weiteren Aktionen des Benutzers werden über diese Oberfläche gesteuert. Das Anwählen bestimmter Schaltflächen führt zur Anzeige von Dialogboxen für die Eingabe (siehe auch Kapitel A.3.3).

Soweit möglich sind zur benutzerfreundlichen Eingabe Auswahllisten vorgesehen, die über Schaltflächen/Funktionstasten aktiviert werden können, z.B. für Standardnutzungen, Klimadaten oder Kennwerte für Anlagen (Wirkungsgrade etc.).

Die Dateneingabe für die Elemente wird durch Eingabemasken in Form von Listen/Formularen unterstützt. Zusätzlich notwendige Angaben für energierelevante Gebäudebestandteile werden soweit möglich mit den Elementeingaben gekoppelt. Teilweise werden Konsistenzkontrollen (z.B. Flächenkontrolle) durch ECOPRO durchgeführt.

Die Ergebnisse der Berechnungen werden sofort in Diagramme umgesetzt und dargestellt. Diesen Diagrammen liegt eine der Varianten als Referenz zugrunde. Die Wahl einer Variante zur Referenzvariante kann jederzeit neu erfolgen.

ECOPRO bietet eine Anzahl von verschiedenen Auswertungen in entsprechenden Grafiken. Die jeweils aktuelle Darstellungsart wird durch die Wahl von einigen Parametern mittels Dropdown-Schaltflächen oder Dialogboxen bestimmt (siehe auch Kapitel A.3.4).

## Austauschformate

Für den verwendeten internen Elementkatalog wurde ein Austauschformat definiert, so daß der Benutzer auch eigene Elementkataloge verwenden kann, sofern diese den Festlegungen dieses Formats genügen.<sup>219</sup>

### A.3.3 Input

Die Beschreibung des Gebäudes aus seinen baulichen Komponenten erfolgt mit der Element-Methode. Für die Energiebedarfsberechnung (Nutzungsphase) sind zusätzliche Informationen über die Art der Nutzung und bestimmte räumliche Beziehungen nötig. ECOPRO unterstützt eine Dokumentation des Gebäudes über die für die Berechnungen erforderlichen Werte hinaus. Informationen wie die Anschrift des Eigentümers, eine Objektbeschreibung und bestimmte zusätzliche Angaben zum Gebäude sind innerhalb der Eingabemasken möglich, jedoch als optionale Eingaben gekennzeichnet.

ECOPRO unterscheidet folgende Kategorien von Eingaben:

- Grunddaten
- Nutzungsdaten
- Flächenangaben (Element- und Grundflächen)
- Elemente (siehe auch *Makro-Generator*, Seite 181)
- Gebäudeenergiebezugsdaten (Heizenergie- und Nutzungsgrad)

Der Anwender hat die Möglichkeit alle zusätzlich erforderlichen Eingaben in einer automatischen Abfolge von Eingabemasken zu bearbeiten oder einzelne Eingabemasken gezielt anzuwählen. Zur Verdeutlichung werden die Eingabemasken im folgenden in der Reihenfolge, die der automatischen Abfolge entspricht, erläutert.

#### Grunddaten

Eine allgemeine Beschreibung des Gebäudes (separate Eingabe durch Betätigen der Schaltflächen *Auswahl...→Allgemein*) und des Grundstücks (separate Eingabe durch Betätigen der Schaltflächen *Auswahl...→Grundstück*) erfolgt in den ersten zwei Eingabemasken (siehe Abbildung 44). Für den Standort des Gebäudes/Grundstücks gibt es eine Auswahl über ein Dropdown-Menü. Wenn der Anwender einen der in dieser Liste vorgeschlagenen Orte wählt, werden automatisch die zugehörigen Klimadaten für die Berechnung aktiviert.

Diese Informationen werden im Tabellenblatt *Grunddaten* in der Projektdatei der entsprechenden Variante abgelegt.

#### Nutzungsdaten

Auf dem Tabellenblatt *Nutzung* der Projektdatei (siehe Abbildung 45) werden alle Daten abgelegt, die für die Nutzungsphase betreffenden Berechnungen notwendig sind. Im einzelnen sind dies folgende Teilbereiche: *Gebäudenutzungsdaten*, *Klimadaten*, *Nutzungsdaten für die Ermittlung des Wärmebedarfs* und *Energieverbrauchsdaten*. Jedem Teilbereich ist ein eigenes Dialogfenster zugeordnet.

---

<sup>219</sup>Eine genaue Dokumentation darüber findet sich in [KOBK 96]



**BEISPIEL.XLG - Gebäudegrunddaten**

Anschaff. Eigentümer:   
 Straße:   
 Wohnort:   
 Objektbezeichnung:   
 Bauzeit: von  bis   
 Aktueller Index:  Index-Stand:   
 Datenerfassung:   (%)  (%)  
 Datenerfassung:   
 Gebäudelebensdauer:  Gebäudealter:

**BEISPIEL.XLG - Grundstücksdaten**

Flurstück Nr.:   
 PLZ; Ort/Gemarkung:   
 Land:   
 Grundstücksfläche, gesamt (GSF):  (m²)  
 Grundstücksfläche, überbaut (GGF):  (m²)  
 Umgebungsfläche (UF):  (m²)  
 Höhe über NN:  (m)  
 Situation: -Lage:   
 -Orientierung:   
 -Neigung:  (°)  
 Bauraum: -Bodenklasse:   
 -Bewuchs:   
 Kosteneinfluß Grundstück:   
 Mittl. Transportdistanzen in km:  
 Baustoffhandel  Deponie

Abbildung 44: ECOPRO - Eingabedaten, Grunddaten

Objekt	Art	Fläche	Wärme	Wärme	Wärme	Wärme	Wärme
1	Wohnung	100	100	100	100	100	100
2	Wohnung	100	100	100	100	100	100
3	Wohnung	100	100	100	100	100	100
4	Wohnung	100	100	100	100	100	100
5	Wohnung	100	100	100	100	100	100
6	Wohnung	100	100	100	100	100	100
7	Wohnung	100	100	100	100	100	100
8	Wohnung	100	100	100	100	100	100
9	Wohnung	100	100	100	100	100	100
10	Wohnung	100	100	100	100	100	100
11	Wohnung	100	100	100	100	100	100
12	Wohnung	100	100	100	100	100	100
13	Wohnung	100	100	100	100	100	100
14	Wohnung	100	100	100	100	100	100
15	Wohnung	100	100	100	100	100	100
16	Wohnung	100	100	100	100	100	100
17	Wohnung	100	100	100	100	100	100
18	Wohnung	100	100	100	100	100	100
19	Wohnung	100	100	100	100	100	100
20	Wohnung	100	100	100	100	100	100
21	Wohnung	100	100	100	100	100	100
22	Wohnung	100	100	100	100	100	100
23	Wohnung	100	100	100	100	100	100
24	Wohnung	100	100	100	100	100	100
25	Wohnung	100	100	100	100	100	100
26	Wohnung	100	100	100	100	100	100
27	Wohnung	100	100	100	100	100	100
28	Wohnung	100	100	100	100	100	100
29	Wohnung	100	100	100	100	100	100
30	Wohnung	100	100	100	100	100	100
31	Wohnung	100	100	100	100	100	100
32	Wohnung	100	100	100	100	100	100
33	Wohnung	100	100	100	100	100	100
34	Wohnung	100	100	100	100	100	100
35	Wohnung	100	100	100	100	100	100
36	Wohnung	100	100	100	100	100	100
37	Wohnung	100	100	100	100	100	100
38	Wohnung	100	100	100	100	100	100
39	Wohnung	100	100	100	100	100	100
40	Wohnung	100	100	100	100	100	100
41	Wohnung	100	100	100	100	100	100
42	Wohnung	100	100	100	100	100	100
43	Wohnung	100	100	100	100	100	100
44	Wohnung	100	100	100	100	100	100
45	Wohnung	100	100	100	100	100	100
46	Wohnung	100	100	100	100	100	100
47	Wohnung	100	100	100	100	100	100
48	Wohnung	100	100	100	100	100	100
49	Wohnung	100	100	100	100	100	100
50	Wohnung	100	100	100	100	100	100

Abbildung 45: ECOPRO - Tabellenblatt "Nutzung"

Der Teilbereich *Gebäudenutzungsdaten* (separate Eingabe durch Betätigen der Schaltfläche *Nutzung*) beschreibt die Nutzung des zu untersuchenden Objektes bezüglich seiner Flächen sowie den Standardnutzungsbereichen (z.B. SIA 380/1<sup>220</sup>). Abbildung 46 zeigt diese Eingabemaske:

Abbildung 46: ECOPRO - Eingabe, Gebäudenutzung

Der Teilbereich *Gerätekonfiguration* (separate Eingabe möglich durch Betätigen der Schaltflächen *Auswahl... → Energie*) enthält technische Gerätemerkmale und -komponenten der Heizanlage, die zur Ermittlung der Energieverbräuche in den Kategorien Heizenergie und Nutzungsgrad der Anlage benötigt werden. Diese Daten können aus Datenblättern/Herstellerangaben ermittelt werden (z.B. die Nutzleistung des Wärmeerzeugers) oder sind projektspezifisch (z.B. die Art der Heizungsanlage/Warmwasserbereitung). Abbildung 47 zeigt diese Eingabemaske:

Abbildung 47: ECOPRO - Eingabe, Gerätemerkmale und -komponenten der technischen Installationen

Die Auswahl der Klimadaten erfolgt aus den Stammdaten durch die Angabe des Standorts in der Dialogbox *Grundstück*. Sie werden im Teilbereich *Klimadaten* abgelegt. Eine Änderung dieser Daten per Hand sollte grundsätzlich nur erfolgen, wenn keine adäquaten Stammdaten vorhanden, die genauen Klimadaten für den Standort jedoch bekannt sind.

<sup>220</sup>[SIA 380/1]

Im Dialogblatt *Endenergeträger* (Abbildung 48) kann angegeben werden, welcher Energiebereitstellungsprozeß für die Deckung der verschiedenen Anteile des Endenergiebedarfs verwendet wird. Als Anteile sind vorgesehen: der Energiebedarf für Heizung, für Warmwasserbereitung und sonstige Energien. Diese Daten werden auf dem Tabellenblatt *Nutzung* im Teilbereich *Energiebereitstellung* abgelegt.

REF_D2A.XLB - Angaben zur Endenergie			
Endenergieverbräuche [TJ] (bezogen auf Lebensdauer)	Heizung	Warmwasser	Sonstiges
	52	12	20
Energieerzeuger:	Anteile in %		
Erdgas atm. Brenner < 100 kW:	10	0	0
Erdgas atm. Low NOx Brenner < 100 kW:	0	100	0
Erdgas Gebädebrenner Low NOx < 100 kW:	0	0	0
Erdgas in Industrieanlage > 100 kW:	0	0	0
Heizöl EL Brenner < 100 kW:	80	0	0
Heizöl EL Brenner > 100 kW:	0	0	0
Heizöl S. Euro in Heizung > 1 MW:	0	0	0
Steinkohlen Briketts:	0	0	0
Strom Mittelspannung - Bezug in ÜCPTE:	0	0	100
Strom Niederspannung - Bezug in ÜCPTE:	10	0	0
Transport Fernwärme HW:	0	0	0
Transport Fernwärme KW:	0	0	0

\* Werte errechnet, falls nicht angegeben!

Buttons: Daten übernehmen, Abbrechen, OK

Abbildung 48: ECOPRO - Eingabe, Endenergeträger

Der Energiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung wird durch ECOPRO ermittelt. Bei sonstigen Energien besteht die Möglichkeit, zusätzlich zu berücksichtigende Energien (z.B. elektrische Energie für Beleuchtung, Klimatisierung) einzugeben. Die ermittelten Endenergieverbräuche für Heizung und Warmwasser sowie sonstige Energien werden mit den Prozessen zur Energiebereitstellung verknüpft und somit die verursachten Umweltbelastungen und Kosten für die verwendete Energie berücksichtigt.

## Flächen

In den zwei Eingabemasken zu den *Gebäudeausführungsdaten* (Abbildung 49) erfolgt für den Teilbereich Nutzflächen die Zuordnung der Gebäudegrundflächen zu einzelnen Flächenkategorien (Grundstücks-, Gebäudegrund- und Geschoßfläche; Nettogeschoß- mit Nutz-, Verkehrs- und Funktionsfläche und Konstruktionsfläche mit tragendem und nicht tragendem Anteil, sowie Energiebezugsfläche). Zusätzlich können verschiedene Volumina (Brutto-, beheiztes Netto- und Lüftungsvolumen), die Anzahl der Stockwerke und Gebäudehöhen eingegeben werden. Die Schaltflächen *Auswahl ... → Nutzflächen* ermöglichen die separate Eingabe dieser geometrischen Informationen zum Gebäude.

Die Aufteilung der verschiedenen Elementflächen in energierelevante Bereiche ist Zweck der zweiten Eingabemaske zu den *Gebäudeausführungsdaten*. Hier erfolgt die Zuordnung der Dachfläche in Flachdach- und Steildachflächen und der Wandfläche sowie Boden/Deckenfläche in Bereiche, die an Außenluft, an das Erdreich oder an unbeheizte Räume angrenzen. Die Fassadenfläche wird nach ihrer Orientierung in Teilflächen eingeteilt. Die in diesen Flächen enthaltenen Öffnungen werden entsprechend zugeordnet. Diese Informationen kann der Anwender zunächst unabhängig von den einzelnen Berechnungselementen über die Schaltflächen *Auswahl ... → Hüllflächen* eingeben. Nach Eingabe aller Berechnungselemente sind hiermit zusätzliche Konsistenzkontrollen möglich. Diese Daten werden im Tabellenblatt *Flächen* abgelegt.

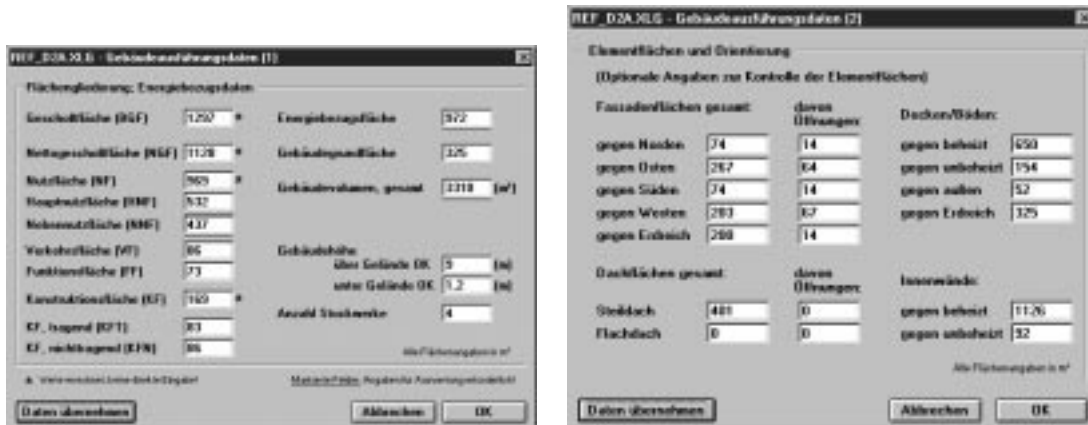


Abbildung 49: ECOPRO - Eingabe, Gebäudeausführungsdaten

### Elemente

Die eigentliche Beschreibung des Gebäudes durch Berechnungselemente erfolgt direkt auf dem Tabellenblatt *Elemente*, das in sieben Bereiche für verschiedene Elementkategorien (*Außenwand/Fassade, Fenster und Fenstertüren, Innenwände/Kellerwände, Decken/Böden, Dächer/Abseitenwände, Technik* und *Ergänzende Leistungen*) gegliedert ist. Für jede Elementkategorie ist in ECOPRO die Eingabe einer bestimmte Anzahl von Elementen aus dem Elementkatalog möglich. Zur Unterstützung der Auswahl durch den Benutzer werden alle verfügbaren Elemente am Bildschirm in Listen dargestellt, die eine ähnliche Struktur aufweisen wie Pull-down-Menüs.

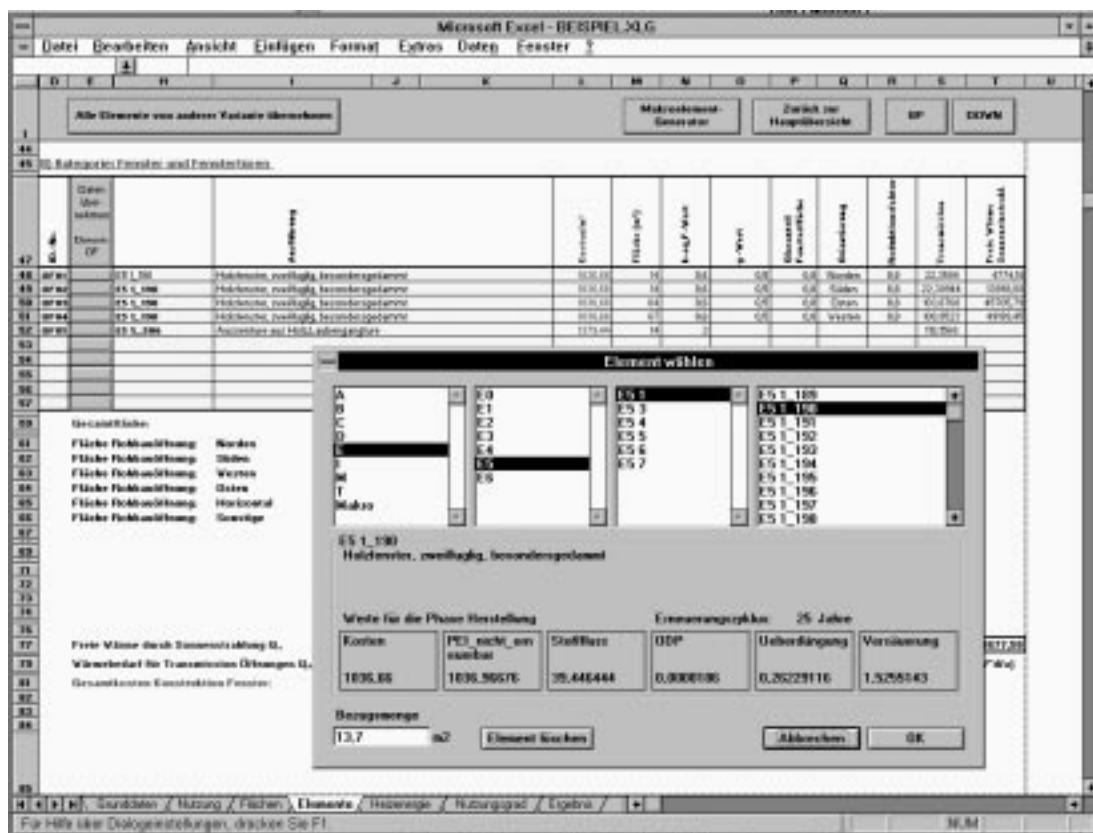


Abbildung 50: ECOPRO - Eingabe, Elemente

Das heißt, bei Anwählen eines Listenelementes mittels Maus oder Cursor-Steuerung werden zusätzliche, detailliertere Auswahlmöglichkeiten angezeigt. Die Anwahl eines Elementes selbst bewirkt eine Anzeige der Element-Eigenschaften (siehe Abbildung 50). Das angezeigte Element kann per Tastendruck/Mausklick direkt in die Eingabemasken übernommen werden. Zusätzlich zu den im Elementkatalog vorgehaltenen Element-Eigenschaften müssen hier die für die Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Warmwasserbereitung notwendigen Angaben erfolgen. Im wesentlichen handelt es sich um Informationen über die Orientierung, woran das Bauteil grenzt und welche Temperatur in den angrenzenden Räumen herrscht. Diese Energieberechnungen setzen voraus, daß die verwendeten Elemente jeweils aus allen thermisch relevanten Schichten vom beheizten Raum nach außen aufgebaut sind. Im Elementkatalog können aber auch Elemente enthalten sein, die nur die Tragstruktur oder die Bekleidung beinhalten. Um diese Elemente zu gesamten Aufbauten zusammensetzen zu können, werden sogenannte Makro-Elemente (siehe unten) gebildet.

Als Vorabergebnis werden zu jeder Elementkategorie die Kosten des betreffenden Bauteils für die Herstellungsphase und -sofern alle notwendigen Eingaben erfolgten- der jährliche Wärmebedarf für die Transmission und die freie Wärme für die Nutzungsphase berechnet und angezeigt.

**Makro-Elemente**

Ein Makro-Element ist eine Zusammenfassung von mehreren Elementen aus dem Elementkatalog. Bei der Zusammenfassung und Berechnung der Kennwerte des Makro-Elements wird zwischen energierelevanten und nicht energierelevanten Elementen unterschieden. Für die Erstellung eines Makro-Elements steht ein eigener Programmteil, der *Makro-Generator* (siehe Abbildung 51), zur Verfügung.

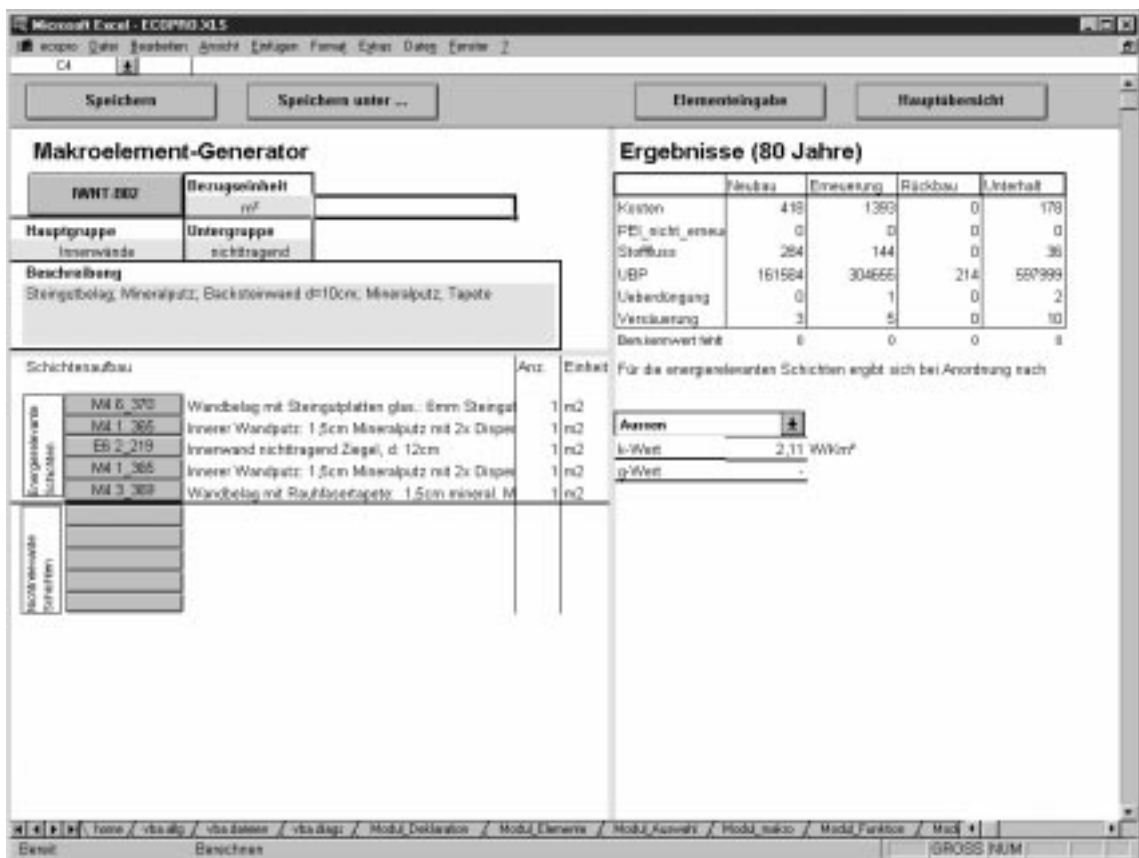


Abbildung 51: ECOPRO - Eingabe, Makroelemente

Im *Makro-Generator* werden die einzelnen Elemente, die zusammengefaßt werden sollen, aus der Elementliste ausgewählt und für die nicht energierelevanten eine Bezugsmenge eingegeben. Die Bezugsmenge für die energierelevanten Elemente muß  $1 \text{ m}^2$  sein und ist durch das Programm fest vorgegeben. Der *Makro-Generator* zeigt eine erste Bewertung des neu gebildeten Makro-Elements für die Phase Herstellung sowie den ermittelten k-Wert und ggf. g-Wert zur Kontrolle und Optimierung an. Makro-Elemente können angezeigt, geändert und gespeichert werden. Bei der Namensgebung muß beachtet werden, daß jeder Name nur einmal vergeben werden darf, um eine eindeutige Zuordnung zu gewährleisten. Die Verwendung eines Makro-Elements als Element innerhalb des *Makro-Generators* (Kaskadierung) ist nicht erlaubt.

Die Zusammenfassung der Elemente zu Makro-Elementen erlaubt den Aufbau eines eigenen projektbezogenen oder benutzerbezogenen Makro-Elementkatalogs mit einer 2-stufigen Gliederungsstruktur. Der Makro-Elementkatalog wird bei der Auswahl von Elementen mit dem Elementkatalog angezeigt.

### Sonstiges

Im Vergleich zu ECOPT finden in ECOPRO keine Verwendung mehr: Daten zum indizierten Verkehr und spez. Nutzungsprozesse (Wasserverbrauch etc.), da diese für alle in ECOPRO untersuchten Varianten als gleich angenommen werden.

#### A.3.4 Output

Nach der vollständigen Beschreibung eines Gebäudes und Berechnung mit ECOPRO liegen folgende Ergebnisse vor:

- Diagramme für
  - den Vergleich der Varianten untereinander
  - die Verteilung der ermittelten Kosten/Umweltwirkungen auf die verschiedenen Phasen, auf die verschiedenen Elementkategorien des Gesamtgebäudes bzw. auf die verschiedenen Elemente einer Elementkategorie
- Tabellarische Darstellung der Resultate für jedes gewählte Bewertungskriterium für die Phasen Herstellung, Erneuerung/Unterhalt, Entsorgung und Nutzung auf Basis der einzelnen Elemente oder kumuliert auf der Basis Elementkategorie oder gesamtes Gebäude
- Berechnungsblätter für die Ermittlung des Endenergiebedarfs für die Heizung
- Berechnungsblätter für die Ermittlung des Endenergiebedarfs für die Warmwasserbereitung
- Beschreibung des Gebäudes auf diversen Tabellenblättern (siehe auch Kapitel A.3.3)

Aufgrund der Vielzahl von möglichen Bewertungskriterien ist eine gleichzeitige Darstellung aller Kriterien nicht sinnvoll. ECOPRO erlaubt dem Anwender, eine eigene Auswahl der gleichzeitig darzustellenden Bewertungskriterien zu treffen. Diese Auswahl kann zu jedem Zeitpunkt verändert und die Berechnungen für das Gebäude mit den neuen Kriterien aktualisiert werden.

## Graphische Auswertung

Der Übersichtsbildschirm von ECOPRO stellt die Berechnungsergebnisse in Form von drei Diagrammen dar, die fortlaufend aktualisiert werden können. Die Art der Auswertung ist vom Anwender interaktiv steuerbar. Im wesentlichen sind vier Dimensionen der Auswertung zu nennen:

- die Varianten (1 bis 4)
- die Bewertungskriterien (6 aus z.Zt. 20)
- die Elementkategorien (7 plus 1 für das gesamte Gebäude) bzw. die Elemente einer Elementkategorie (z.Zt. bis maximal 20)
- die Phasen (3 plus 1 für Nutzung)

Für jede dieser Dimensionen gibt es auf der Oberfläche von ECOPRO Einstellmöglichkeiten über die Schaltflächen im oberen Bildschirmbereich. Die Diagramme sind so organisiert, daß jeweils eine Dimension fix ist und die anderen abhängig von den oben genannten Einstellungen.

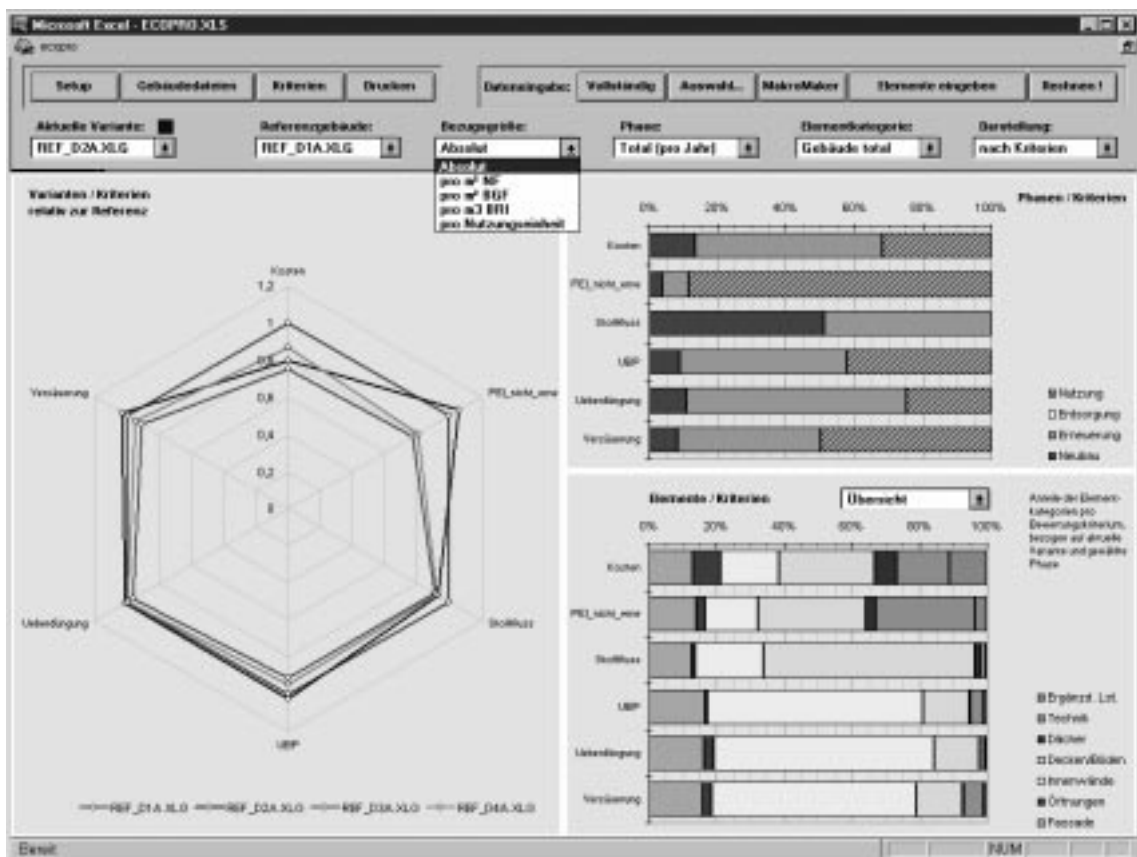


Abbildung 52: ECOPRO - Auswertungen, Grafik 1

Die linke Grafik zeigt jeweils einen Vergleich der verschiedenen Varianten untereinander. Es stehen für diese Auswertung verschiedene Typen von Diagrammen zur Verfügung, die durch einfachen Mausklick auf die Schaltflächen auf dem linken Diagramm angewählt werden können. Standardmäßig erfolgt die Auswertung in Form eines Netzdiagramms. Bei dieser Darstellungsform wird eine Variante als Referenzvariante ausgewählt, die Ergebnisse der anderen Varianten werden relativ zu den Ergebnissen der Referenzvariante angezeigt (Abbildung 52, Grafik links).

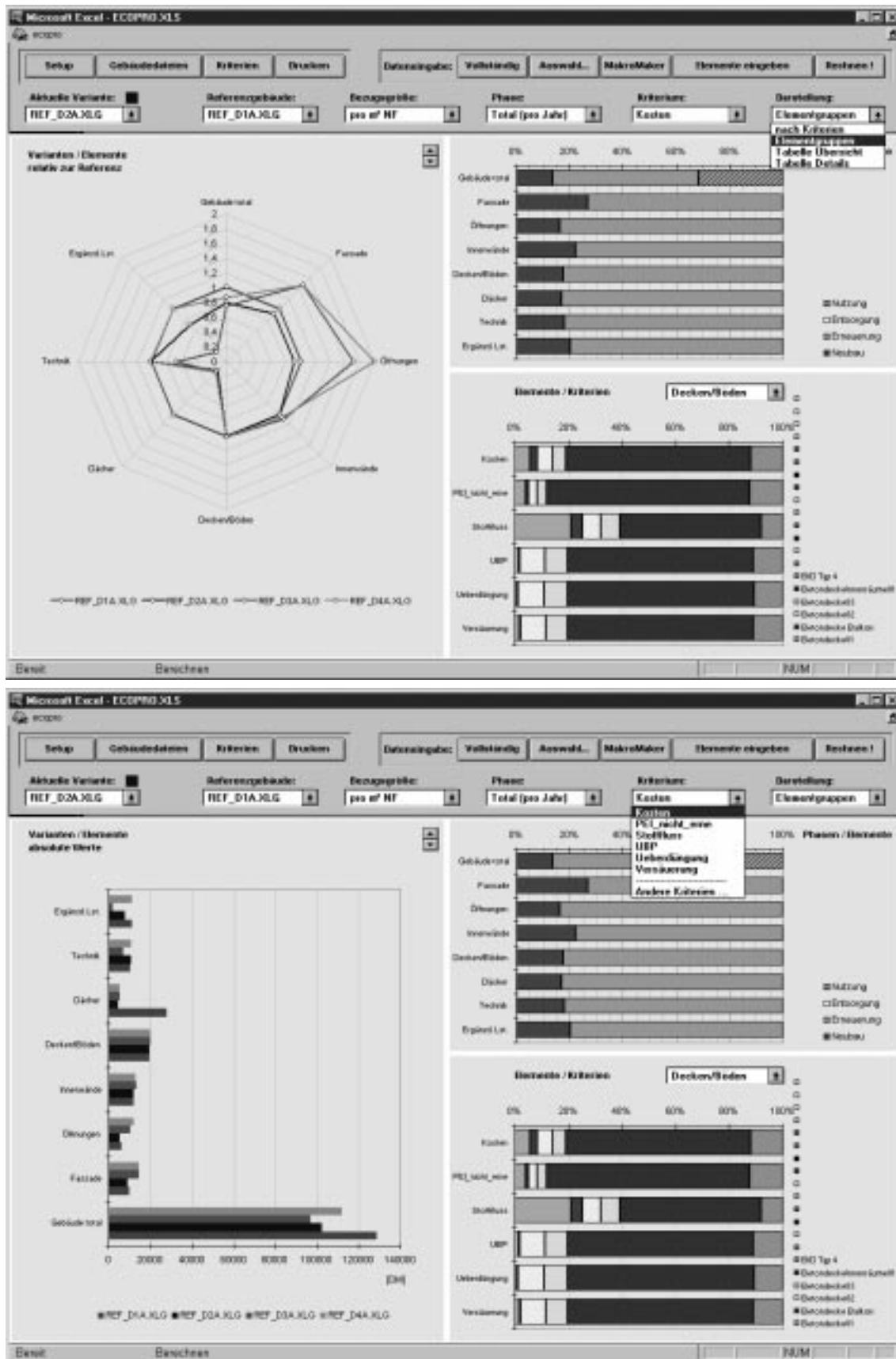


Abbildung 53: ECOPRO - Auswertungen, Grafik 2



Alternativ dazu kann die Auswertung in Form eines Balkendiagramms erfolgen (Abbildung 53, unten). In diesem Fall basiert die Darstellung auf absoluten Werten, also ohne Bezug auf eine Referenzvariante. Unabhängig von der Diagrammart bezieht sich die Auswertung auf eine bestimmte Phase und stellt entweder die sechs Bewertungskriterien für eine bestimmte Elementkategorie (Abbildung 52) oder die verschiedenen Elementkategorien für ein bestimmtes Bewertungskriterium (Abbildung 53, oben) dar.

Alle Auswertungen können (in bezug auf das Gebäude selbst) mit absoluten oder spezifischen Werten (pro m<sup>2</sup> Bruttogeschossfläche, pro m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche, pro Nutzungseinheit) erfolgen.

Die rechte, obere Grafik zeigt die Anteile der verschiedenen Phasen am Gesamtergebnis. Die Grafik bezieht sich auf eine bestimmte Variante und stellt entweder die sechs Bewertungskriterien für eine bestimmte Elementkategorie (Abbildung 52) oder die verschiedenen Elementkategorien für ein bestimmtes Bewertungskriterium (Abbildung 53, oben) dar. Bei der Darstellung der verschiedenen Elementkategorien wird das Gesamtgebäude ebenfalls als eine Art erweiterte Elementkategorie betrachtet. Da die für die Nutzungsphase ermittelten Energieverbräuche nicht direkt einzelnen Elementkategorien zugeordnet werden können, werden sie nur für das Gesamtgebäude ausgewiesen.

Die Auswahl der dargestellten Gebäudevariante erfolgt über die Schaltfläche *Aktuelle Variante* in der Schaltflächenleiste oben, die Auswahl der Darstellungsart über die Schaltfläche *Darstellung*. Die Auswahl der Elementkategorie (bei der Auswertung aller Kriterien) erfolgt über die Schaltfläche *Elementkategorie*, die Auswahl des Kriteriums (bei der Auswertung aller Elementkategorien) über die Schaltfläche *Kriterium*.

Die rechte, untere Grafik zeigt die Anteile der verschiedenen Elementkategorien (Abbildung 52) am Gesamtgebäude bzw. der verschiedenen Elemente in einer Elementkategorie (Abbildung 53) an der Bewertung nach den verschiedenen Kriterien. Die Grafik bezieht sich auf eine bestimmte Variante und eine bestimmte Phase, die jeweils über die Schaltflächen *Aktuelle Variante* und *Phase* festgelegt werden.

Die Schaltflächen dienen darüber hinaus der Information über die aktuell gewählte Variante, Art der Darstellung, Bezugseinheit, Phase etc.

### Tabellarische Auswertung

Die Projektdateien der einzelnen Varianten enthalten jeweils ein Tabellenblatt *Ergebnis*, auf dem die Berechnungsergebnisse abgelegt werden. Auf diesem Tabellenblatt erfolgt eine gegliederte Zusammenstellung aller Elemente mit den sechs gewählten Bewertungskriterien für alle Phasen und entsprechenden Zwischensummen. Zur besseren Anschaulichkeit können bestimmte Aspekte dieser Zusammenstellung mit den EXCEL-Standardfunktionen für Gliederung und Filtern von Daten hervorgehoben werden.

Diese Tabelle ist so aufgebaut, daß in den Zeilen alle Elementkategorien mit allen Elementen aufgelistet werden. In der Elementkategorie *Sonstige Leistungen* sind hier zusätzlich die Transportprozesse vom Baustoffhandel zur Baustelle und von der Baustelle zur Mülldeponie integriert. Eine eigene Kategorie bilden die Prozesse für die Energiebereitstellung für die Nutzungsphase.

Die ersten Spalten enthalten die jeweiligen Elementbezeichner, die Bezugsmengen und die Bezugseinheiten. Darauf folgen die Ergebnisse der sechs Bewertungen mit jeweils einer Spalte für den gesamten Lebenszyklus und vier Spalten für die einzelnen Phasen. Diese Tabelle stellt eine Übersicht über alle Ergebnisse mit absoluten Zahlen dar.

Um Fehlinterpretationen infolge mangelnder Grunddaten zu vermeiden, werden in der letzten Zeile die Anzahl der Elemente für die jeweilige Bewertung ausgewiesen, für die keine gültigen Kennwerte im Elementkatalog vorliegen, und die deshalb bei der Berechnung nicht berücksichtigt wurden.

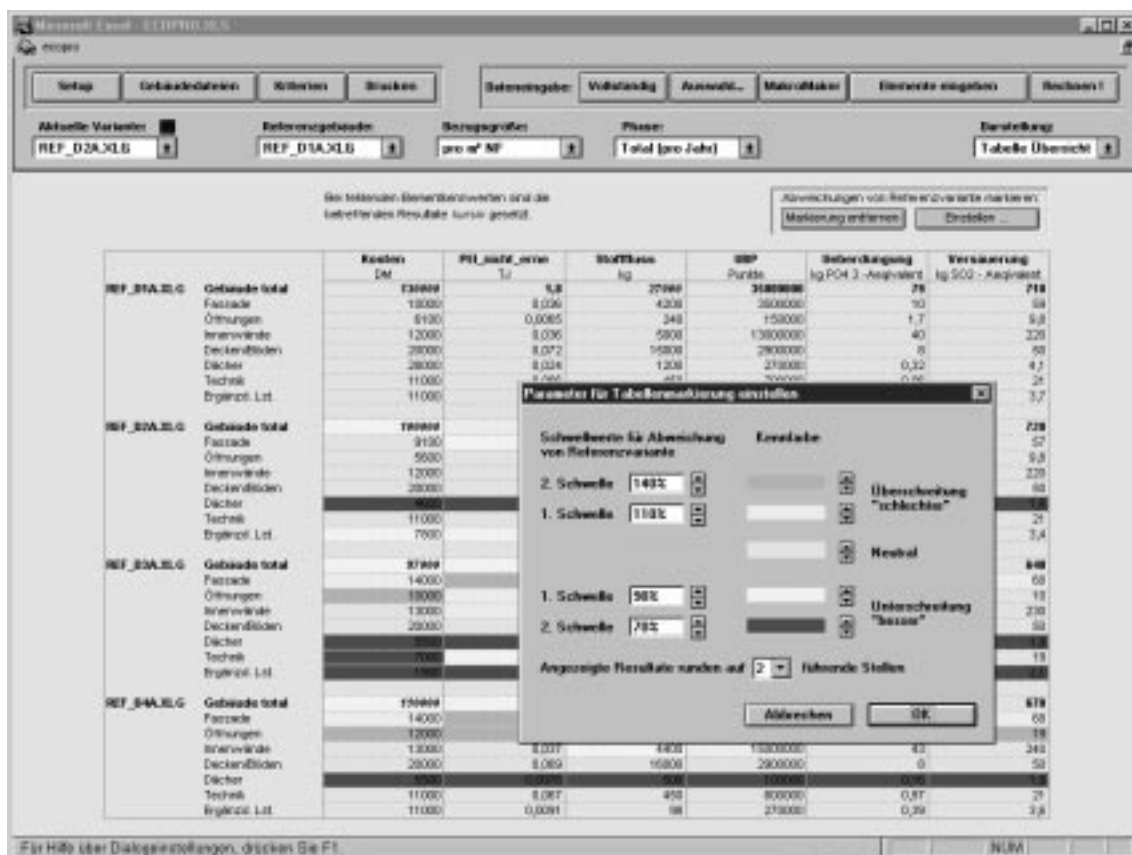


Abbildung 54: ECOPRO - Auswertung, Tabellarische Darstellung

Für eine schnelle Auswertung steht eine grafisch aufbereitete Tabelle (Abbildung 54) zur Verfügung, die eine Aggregation der Ergebnisse der oben beschriebenen Tabelle darstellt. Auf dieser Tabelle sind alle vier Varianten und alle Bewertungsgrößen dargestellt. Die restlichen Parame-

ter (Bezugsgröße, Phase, Übersicht/Detaildarstellung) können durch die Schaltflächen im oberen Bereich der Darstellung verändert werden. Die Bezugsgrößen dieser Darstellung können sowohl absolute als auch relative (auf  $\text{m}^2$  BGF,  $\text{m}^2$  Nutzfläche oder eine Nutzungseinheit bezogen) sein. Die Auswertung kann für einzelne Phasen oder für die gesamte Gebäudelebensdauer erfolgen.

Erfolgt die Festlegung einer Referenzvariante, können Abweichungen der anderen Varianten von dieser Referenzvariante farbig markiert und somit einfach überschaubar werden. Hierzu können in einem zusätzlichen Dialogfenster verschiedene Schwellenwerte für Abweichungen nach oben und unten festgelegt werden (siehe Abbildung 54).

## Wärmebedarf

Eine besondere Form der Auswertung findet sich auf dem Tabellenblatt *Wärmebedarf*. Auf diesem Tabellenblatt wird der zu erwartende Energiebedarf während der Nutzung eines Gebäudes für die Heizung und Warmwasserbereitung ausgewertet. Die Berechnung erfolgt nach einem der Wärmeschutzverordnung<sup>221</sup> und der EN 832<sup>222</sup> angepassten Verfahren. Dieses Tabellenblatt kann als Nachweis für die Berechnung ausgegeben werden.<sup>223</sup>

### A.3.5 Annahmen für die Berechnung

Für jede Projektvariante werden die Phasen Neubau, Nutzung und Rückbau des Gebäudes analysiert. Die Phase Nutzung enthält die Prozesse für Erneuerung und Unterhalt der Bausubstanz sowie Nutzungsprozesse. Da die Nutzungsprozesse jedoch sehr vielen Einflüssen unterliegen, die unabhängig vom Gebäude selbst sind (personelle und zeitliche Belegung, interne Lasten etc.) betrachtet ECOPRO zwei getrennte Phasen, die zeitlich parallel verlaufen: "Erneuerung inkl. Unterhalt" und "Nutzungsphase".

Für die Phase Neubau werden die Kosten sowie die Umweltbelastungen nach verschiedenen Bewertungskriterien auf Basis der Beschreibung mittels Elementen betrachtet.

Die Erneuerung der Elemente wird über ein Lebenszyklusmodell abgebildet. Für jedes Element wird hierbei ermittelt, wie oft - während der Lebensdauer - einzelne Teilelemente ersetzt werden müssen. Zusätzlich zur Erneuerung werden jährliche Belastungen für den Unterhalt des Gebäudes in die Berechnung mit einbezogen.

Für die Phase Rückbau sind Berechnungen für die Kosten und die Umweltbelastungen auf Basis des Elementkatalogs vorgesehen. Aufgrund der schlechten Datenlage sind die Ergebnisse in dieser Phase jedoch noch nicht sehr aussagekräftig.

Für die Nutzungsphase wird der mit der Nutzung des Gebäudes verbundene Energiebedarf für Heizung und Warmwasser sowie die hieraus resultierenden Umweltbelastungen ermittelt. Der Bedarf an elektrischer Energie und die daraus resultierenden Umweltbelastungen kann bei den sonstigen Energien berücksichtigt werden.

## Lebenszyklusmodell

Bisher wurde der Erneuerungsaufwand für Bauelemente bezogen auf eine Gebäudelebensdauer (80 -100 Jahre) entweder

**Fall A:** mit einer Elementlebensdauer (z.B. Publikation vom AfB, Schweiz) oder

**Fall B:** mit den Schichtlebensdauern hochgerechnet.

---

<sup>221</sup>[WSV 95]

<sup>222</sup>[DIN EN 832]

<sup>223</sup>Eine exakte Beschreibung über die zugrundeliegenden Algorithmen findet sich in [KOBK 96].

Im Fall A bleiben gewisse Aufwände aus dem Bereich Unterhalt des Gebäudes unberücksichtigt, z.B. Dichtungsfugen, Anstriche bei Fenstern.

Im Fall B werden alle Schichten nach Erreichen der Lebensdauer erneuert, was zu einer Überbewertung der Erneuerungsphase führt, da in der Realität bestimmte Erneuerungs- bzw. Renovierungszyklen auftreten, in denen größere Maßnahmen vorgenommen werden. Im Vorfeld einer derartigen Maßnahme werden jedoch keine Erneuerungen mehr vorgenommen, auch nach Erreichen der Lebensdauer einzelner Teile nicht.

Im Idealfall müßte für jedes Bauelement die Erneuerungsphase unter der Berücksichtigung der Gebäudelebensdauer, des Erneuerungsszenarios (minimal, realistisch, optimal) und des Kontextes (Randbedingungen, Wohn/Gewerbenutzung, Bauart, Nachbarelemente etc.) abgebildet werden.

Im Rahmen der Entwicklung von ECOPRO wurde der Ansatz erarbeitet, eine Berechnungsformel zu generieren, die mit verschiedenen Koeffizienten zu beeinflussen ist, um verschiedene Szenarien abzubilden. Ziel war nicht ein korrektes Abbilden der unbekanntenen Wirklichkeit, sondern eine Berechnungsformel, die näher bei der Wirklichkeit liegt als die Fälle A und B.<sup>224</sup>

Für die prototypische Umsetzung von ECOPRO wurde jedoch eine weitere Vereinfachung getroffen. Die Elemente wurden in verschiedene Erneuerungsklassen mit bestimmten Erneuerungszyklen eingeteilt. Maßnahmen, die in Zeitabständen von 10 Jahren und weniger erfolgen müssen, wurden dem Unterhalt des Elements zugeordnet und damit nur als mittlere jährliche Belastung abgebildet.

## Kosten

ECOPRO wurde für die kombinierte Berechnung von Energiebedarf, Umweltbelastung und Baukosten entwickelt. Der Kostenaspekt ist nicht Gegenstand dieser Arbeit, deshalb werden hier nur die wichtigsten Berechnungsgrundlagen aufgeführt.

Die Berechnung der Kosten für die Erstellung des Gebäudes basiert auf den Elementkosten. Die Kosten für das Gebäude errechnen sich aus der Summe aller Einzelkosten. Hierbei kann über den Baupreisindex (siehe "Grunddaten", Seite 176) eine Korrektur vorgenommen werden, um die Preise im Elementkatalog an die aktuellen Preise anzupassen.

Für die Phase Erneuerung/Unterhalt werden aus der Anzahl der notwendigen Erneuerungen einzelner Elementteile (siehe oben) die Kosten für die erneuerten Elemente selbst ermittelt und für das Gebäude aufsummiert. Die Kosten für die Entsorgung des alten Elements und die Kosten für den Einbau des neuen Elements gehen in die Rechnung ein, sofern im Elementkatalog beiden Kostenarten für das entsprechende Element Werte zugewiesen sind. Hierbei könnten auch anstelle der ursprünglichen Elemente spezielle Erneuerungselemente Berücksichtigung finden. Zusätzlich werden die jährlichen Unterhaltskosten berücksichtigt.

Für die Phase Abbruch werden Entsorgungskosten berechnet, falls diese im Elementkatalog ausgewiesen sind.

Für die Nutzungsphase werden Kosten für die Energiebereitstellung berechnet, sofern diese Kosten im Prozeßkatalog ausgewiesen sind. Es ist in dieser Version von ECOPRO keine Berücksichtigung der Preisentwicklung über den Nutzungszeitraum vorgesehen. Weitere nutzungsabhängige Kosten finden in ECOPRO ebenfalls keine Berücksichtigung.

---

<sup>224</sup>Weitere Informationen hierüber finden sich in [KOBEEK 96]

## Umweltbelastung

Im Rahmen dieses Prototyps wird für die Beurteilung der Umweltbelastung auf bestehende Bewertungsverfahren (Eco-Indikator '95, siehe Seite 40) zurückgegriffen. Berücksichtigung finden (zunächst) die folgenden Effekte:

- GWP Global Warming Potential (Treibhauseffekt) für verschiedene Zeithorizonte,
- NP Nitrification Potential (Überdüngung),
- AC Acidification Potential (Versauerung),
- POCP Photochemical Ozone Creation Potential (Photochem. Oxidation),
- Humantoxizität,
- Ecotoxizität,
- ODP Ozone Depletion Potential (Ozonabbau).

Zusätzlich werden

- die Umweltbelastungspunkte (UBP),
- das Abfallaufkommen, differenziert nach verschiedenen Abfallarten,
- der Verbrauch an energetischen Ressourcen, differenziert nach erneuerbarer und nicht erneuerbarer Komponente, sowie
- der insgesamt indizierte Stofffluß

ausgewiesen.<sup>225</sup>

Analog zu den Kosten erfolgt die Berechnung dieser Werte für die Umweltbelastung des Gebäudes als Summe aus den Kennwerten einzelner Elementen für die Phasen Erstellung, Erneuerung/Unterhalt und Abbruch. Zusätzlich wird die Belastung durch Transport der Baustoffe zur Baustelle berücksichtigt. Für die Nutzungsphase können Umweltbelastungen infolge der Energiebereitstellung ermittelt werden.

## Energie

In ECOPRO beschränkt sich die Analyse des direkten Energieaufwands auf die Ermittlung des in der Nutzungsphase zu erwartenden Endenergieverbrauchs an Heizenergie und der Energie zur Warmwasserbereitung. Berücksichtigung finden Transmissions- und Lüftungswärmeverluste nach einem der Wärmeschutzverordnung<sup>226</sup> und der EN 832<sup>227</sup> angepaßten Verfahren. Es wird eine monatliche Gewinn-Verlust-Bilanzierung durchgeführt, die Umwandlungs- und Verteilungsverluste werden über Wirkungsgrade der verschiedenen Anlagentypen berücksichtigt. Der Bedarf an elektrischer Energie während der Nutzungsphase (Klima- und Lüftungsanlagen; Sonstige Dienste) wird bereits in ECOPT ermittelt und kann von dort übernommen werden.

Der so ermittelte Endenergiebedarf wird wiederum mit Prozeßdaten gemäß ECOINVENT<sup>228</sup> verknüpft, um die bei der Bereitstellung dieser Energien anfallenden Umweltbelastungen berücksichtigen zu können.

Es erfolgt kein explizierter Nachweis über den direkten Energieaufwand zur Herstellungs- und Rückbauphase des Gebäudes. Wie jedoch unter dem Punkt Umweltbelastung erwähnt, stellt der Verbrauch an energetischen Ressourcen (differenziert nach erneuerbaren und nicht erneuerbaren Ressourcen) bei der Herstellung/Erneuerung der Gebäudebestandteile eine Bewertungsgröße für die Umweltbelastung dar.

<sup>225</sup> Die verwendeten Bewertungsfaktoren für die einzelnen Kriterien sind in [KOBK 96] dokumentiert.

<sup>226</sup> [WSV 95]

<sup>227</sup> [DIN EN 832]

<sup>228</sup> [ÖKOINVENTARE 95]

### A.3.6 Datengrundlage

An methodenspezifische Variablen werden die Referenzwerte für Elementflächen und Elementgruppenflächen

- Baukosten (DM/m<sup>2</sup>),
- Energiebedarf (kWh/m<sup>2</sup>) und
- Umweltbelastung (diverse/m<sup>2</sup>)

verwendet.

Diese Werte können ermittelt werden, indem eine hinreichend große Anzahl bereits mit ECOPRO erfaßter Gebäude statistisch ausgewertet werden.

Standortspezifische Variablen sind:

- die Klimadaten, die aus entsprechenden Normen und Veröffentlichungen der Wetterdienste entnommen werden können und
- die Entfernungen zum Baustoffhandel und zu den Deponien bzw. Sammelplätzen für Wiederverwertung, die geschätzt werden müssen.

Schließlich gibt es noch eine Reihe bauprogrammspezifischer Variablen:

- Nutzungsanforderungen (Standardnutzungen z.B. nach SIA 380/1 und SIA 380/4), charakterisiert durch
  - die Nutzflächen, die als Massenauszug aus den Plänen folgen,
  - das gewünschte Raumklima (Temperatur, Luftwechsel etc.) und
  - die internen Lasten (Geräte, Personen), die aus Standardnutzungen oder Vorgaben des Auftraggebers bestimmt werden.
- Gebäudegeometrie und räumliche Beziehungen
  - Orientierung der Wand-/Fensterflächen
  - Flächen gegen beheizte /unbeheizte Räume
  - Flächen gegen Erdreich.
- Gebäudeausstattung, beschrieben durch
  - die Elemente mit den zugehörigen Bezugsmengen und
  - zus. Angaben zu den technischen Anlagen (Heizungs-, Sanitär-, Lüftungs- und Elektrosystem).

## Lebenslauf

Name	Martina Klingele	
Geburtsdatum	25.05.1965	
Geburtsort	Busenbach, jetzt Waldbronn	
Familienstand	verheiratet, zwei Kinder	
Schulbildung	1971-1975	Anne-Frank-Schule, Busenbach
	1975-1984	Gymnasium Karlsbad
Ausbildung	1984-1992	Studium der Architektur an der Universität Karlsruhe (TH) Abschluß: Diplom-Ingenieur
Berufstätigkeit	1992-1994	Wissenschaftliche Angestellte (Teilzeittätigkeit) Lehrbereich Technischer Ausbau, Universität Karlsruhe (TH)
	1994-1999	Wissenschaftliche Angestellte (Teilzeittätigkeit) Institut für Industrielle Bauproduktion, Universität Karlsruhe (TH)
	seit 1992	angestellte Architektin (Teilzeittätigkeit) im Architekturbüro Prof. Helmut Striffler, Mannheim
	seit 1997	beurlaubt (Erziehungsurlaub)