

**Wechselwirkung Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität –**  
 Systemische Betrachtung des Zusammenspiels von  
 Nachhaltigkeitsaspekten und Kriterien der (Bau-)Qualität  
 im Sensitivitätsmodell und in der Analyse von  
 beispielhaften Gebäuden

Dissertation: Annette Hafner

# TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Lehrstuhl Holzbau und Baukonstruktion

Wechselwirkung Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität –  
Systemische Betrachtung des Zusammenspiels von Nachhaltigkeitsaspekten und Kriterien  
der (Bau-)Qualität im Sensitivitätsmodell und in der Analyse von beispielhaften Gebäuden

Dipl.-Ing. univ. Annette Hafner

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen  
der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs

genehmigten Dissertation.

Vorsitzende:

Prof. Dr.-Ing. Regine Gerike

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter

2. Univ.-Prof. Günter Pfeifer, Technische Universität Darmstadt

Die Dissertation wurde am 10. 11. 11 bei der Technischen Universität München  
eingereicht und durch die Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen  
am 18. 04. 12 angenommen.

## Zusammenfassung / Abstract

### Zusammenfassung

Gesteigerte (Bau-)qualität in Planung und Ausführung und damit weniger Fehler können entscheidend dazu beitragen, Nachhaltigkeitsaspekte in die Realität umzusetzen. Mit der Sensitivitätsanalyse nach Vester, werden die Schlüsselpositionen herausgearbeitet, die Ziele der Nachhaltigkeit positiv beeinflussen können.

Zuerst werden die Wechselwirkungen und Einflüsse von Aspekten der Nachhaltigkeit und Kriterien der (Bau-)Qualität untersucht. Die recht dehnbaren Begriffe der Bauqualität und Nachhaltigkeit werden erörtert. Aus den Konkretisierungen der Begriffe werden zwanzig Variablen abgeleitet, die für die Beziehungen von Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität von Bedeutung sind. Sie stellen die Einflussvariablen für eine Sensitivitätsanalyse nach Vester dar. Auf Grund der sich dort ergebenden Ergebnisse und zur weiteren Analyse der Zusammenhänge, werden vorbildliche, gebaute Beispiele nachhaltiger Architektur auf dahinterliegende Prinzipien untersucht. Die Ergebnisse aus den Gebäudeanalysen und die Ergebnisse der (vorherigen) Sensitivitätsanalyse werden gegenübergestellt. Hieraus wird ein Wirkungsgefüge zum Entstehen nachhaltiger Gebäude als kybernetisches Modell entwickelt. Darin wird dargestellt, unter welchen Voraussetzungen nachhaltige Gebäude entstehen können. Einzelne Teilaspekte, die eine wichtige Rolle im Gesamtsystem spielen, werden hervorgehoben und Ansatzpunkte für eine Verbesserung herausgearbeitet.

### Abstract

An improvement in quality of the entire building process and therefore fewer faults can achieve a big impact in implementing criteria of sustainability. With the sensitivity analysis by Vester, the core indicators will be elaborated on, which help to positively influence sustainability.

The interaction and impact between aspects of sustainability and the criteria of quality in buildings are analysed first. The elastic terms of quality in the building context and sustainability are discussed. Twenty variables are deduced from the firm establishment of the terms, which matter most for this topic. They constitute the set of variables for a sensitivity analysis from Vester. Based on these results and for closer inspection of the correlations, sustainable buildings, which are recognised as exemplary representatives, are examined to identify the underlying principals. The results of the building analysis are then contrasted with the results of the (previous) sensitivity analysis. An effect system for the creation of sustainable buildings is developed as a cybernetic model. In this model it is outlined which prerequisites are required to develop sustainable buildings. Certain aspects, which generate high impact for the whole system, were emphasised and starting points for improvements elaborated on.

## Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Zeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl Holzbau und Baukonstruktion, in der ich zugleich Leiterin der Zertifizierungsstelle für Qualitätsmanagementsysteme am Materialprüfungsamt der Technischen Universität München war. Die Arbeiten in den Bereichen des Qualitätsmanagements und der Nachhaltigkeitsbewertung haben mich auf die Zusammenhänge zwischen diesen Bereichen und auch auf die augenblicklichen Schwierigkeiten aufmerksam gemacht.

Zusätzlich hat mich das Interesse verschiedener Architekten gerade an den Aspekten, die in einer Nachhaltigkeitsbewertung unter den Tisch fallen ermutigt, die Zusammenhänge näher zu beleuchten. Alle Architekten der untersuchten Projekte waren aufgeschlossen, haben sich die Zeit genommen für Diskussionen und haben mir Material zur Verfügung gestellt, sowie mir viele Fragen beantwortet. Dafür bin ich sehr dankbar.

Für Diskussionen und die Schaffung von Freiräumen und Weiterentwicklungsmöglichkeiten sowie positive Unterstützung meiner Ideen und intensive Diskussion danke ich Professor Stefan Winter. Für die Übernahme des Ko-referates und die fachliche Anregungen sowie Diskussionen danke ich Professor Günther Pfeifer. Nicht unerwähnt bleiben sollen die Diskussionen bei Doktorandenseminaren sowie viele kleinen Begegnungen und Gespräche, die die Arbeit geschärft haben. Allen Mitgliedern des Lehrstuhls bin ich für die freundliche Atmosphäre dankbar.

Vor allem aber möchte ich meiner Familie, meinem Mann Zeno, den Kindern Ruby und Afra, meinen Eltern und Valerie Kiock danken für die Unterstützung in jeglicher Hinsicht sowie ihre doch unermüdliche Geduld und Rücksicht, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

München, im November 2011

Annette Hafner

# Wechselwirkung Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität

Systemische Betrachtung des Zusammenspiels von Nachhaltigkeitsaspekten und Kriterien der (Bau-)Qualität im Sensitivitätsmodell und in der Analyse von beispielhaften Gebäuden

<b>1. Zusammenspiel von Nachhaltigkeitskriterien und (Bau-)Qualität</b>	4
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung	4
1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	8
<b>2. Klärung zentraler Begriffe</b>	9
<b>2.1 Vorbemerkungen</b>	9
<b>2.2 Nachhaltigkeit</b>	9
2.2.1 Begriffsdefinition und Entwicklung des Begriffs	9
2.2.1.1 Schwache und starke Nachhaltigkeit	11
2.2.1.2 Nachhaltige Entwicklungen	12
2.2.2 Nachhaltigkeit im Baubereich	15
2.2.2.1 Allgemeines	15
2.2.2.2 Rechtliche Grundlagen	18
2.2.2.3 Lebenszyklusbetrachtung	23
2.2.2.4 Ökobilanzierung	28
2.2.3 Umsetzung in der Baupraxis	30
2.2.3.1 Aktueller Stand	30
2.2.3.2 Zertifizierung von Nachhaltigkeit	32
<b>2.3 (Bau-)Qualität</b>	35
2.3.1 Allgemeine Begriffsklärung	35
2.3.1.1 Verwendung des Begriffs	35
2.3.1.2 Normativer Bezug	35
2.3.1.3 Systeme der Qualitätsumsetzung	36
2.3.2 Qualität im Baubereich	38
2.3.2.1 Fehler, Mängel, Schäden	38
2.3.2.2 Trennung von Prozess- und Produktqualität	41
2.3.3 Bauqualität in der Praxis	42
2.3.4 Bauqualität in Bezug zu Nachhaltigkeit	44
<b>3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell</b>	46
<b>3.1 Kybernetik des Bauens</b>	46
3.1.1 Allgemeines	46
3.1.2 Komplexe Zusammenhänge	47
3.1.3 Komplexität im Baubereich	47
<b>3.2 Die Sensitivitätsanalyse nach Vester</b>	50
3.2.1 Einführung	50
3.2.2 Vorgehen der Sensitivitätsanalyse nach Vester	50
3.2.3 Problembeschreibung und Abgrenzung des Systems	51
<b>3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®</b>	52
3.3.1 Einflussvariablen	52
3.3.1.1 Allgemeines	52
3.3.1.2 Einflussvariablen aus dem Bereich Nachhaltigkeit	53
3.3.1.3 Einflussvariablen aus dem Bereich Prozessqualität	55
3.3.1.4 Einflussvariablen aus dem Bereich Produktqualität	58
3.3.1.5 Sonstige Einflussvariablen	59

3.3.1.6	Beschreibung der Einflussvariablen	60
3.3.2	Einflussmatrix	79
3.3.3	Interpretation der Ergebnisse	82
<b>3.4</b>	<b>Wirkungsgefüge (aller Wechselwirkungen)</b>	86
<b>3.5</b>	<b>Genauere Betrachtung von Teilbereichen durch die Simulation von Teilszenarios</b>	88
<b>4.</b>	<b>Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen</b>	94
<b>4.1.</b>	<b>Vorbemerkungen</b>	94
<b>4.2</b>	<b>Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien</b>	96
4.2.1	Hotel im Apfelgarten, Hohenbercha	96
4.2.2	Patchworkhaus, Müllheim	102
4.2.3	Mehrfamilienhaus, Zürich	108
4.2.4	Gemeindezentrum, Ludesch	113
<b>4.3</b>	<b>Verallgemeinerung der Ergebnisse aus den Gebäudeanalysen</b>	120
4.3.1	Gemeinsamkeiten	120
4.3.2	Unterschiede	122
<b>4.4.</b>	<b>Allgemeines System der Wechselwirkungen nachhaltiger Gebäude</b>	124
<b>5.</b>	<b>Weiterentwicklung des Systems der Wechselwirkungen nachhaltiger Gebäude</b>	130
<b>5.1</b>	<b>Gegenüberstellung der Analyseergebnisse zum abstrakten System von Wechselwirkungen nach Vester</b>	130
5.1.1	Ergebnisse der theoretischen Betrachtung des Sensitivitätsmodells	130
5.1.2	Ergebnisse aus den gebauten Beispielen	131
5.1.3	Übertragung der Ergebnisse der Gebäudeanalyse auf das System von Wechselwirkungen	131
<b>5.2</b>	<b>Allgemeine Schlussfolgerungen</b>	133
5.2.1	Bauherr	133
5.2.2	Integrale Planung	134
5.2.3	Bauausführung	134
5.2.4	Lebenszyklus und Kosten	134
5.2.5	Gestaltung	135
5.2.6	Sonstiges	136
<b>5.3.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	138
<b>6.</b>	<b>Fazit</b>	142

## Inhaltsverzeichnis

<b>7. Abbildungsverzeichnis</b>	146	
<b>8. Tabellenverzeichnis</b>	149	
<b>9. Abkürzungen</b>	149	
<b>10. Literaturverzeichnis</b>	150	
<b>11. Anhang</b>	158	
11.1	Zuordnung der DGNB-Kriterien zu den Einflussvariablen	159
11.2	Wirkungsgefüge zur Simulation des Teilszenarios	160
11.3	Übersicht der analysierten Gebäude – Projektdaten	168
11.4	Planmaterial der analysierten Gebäude	169
11.4.1	Hotel im Apfelgarten, Hohenbercha	170
11.4.2	Patchworkhaus, Müllheim	172
11.4.3	Mehrfamilienhaus, Zürich	174
11.4.4	Gemeindezentrum, Ludesch	176

# 1. Zusammenspiel von Nachhaltigkeitskriterien und (Bau-)Qualität

## 1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Allgemeines

Die absehbare Endlichkeit der nicht erneuerbaren Energieträger, zunehmender Rohstoffverbrauch, der oft mit Umweltzerstörung einhergeht, enormer Flächenverbrauch, Rodung von Regenwäldern, immer deutlicher zu Tage tretender Wassermangel in manchen Erdteilen und zu erwartender Bevölkerungsanstieg weltweit – all diese Probleme tragen zu einer sich ausbreitenden Diskussion über Klimawandel und Nachhaltigkeit bei. Die Entwicklung der Erde im 21. Jahrhundert wird entscheidend durch die zu lösenden Probleme der Energiegewinnung und Wasserverteilung beeinflusst.

Der 2006 veröffentlichte Stern-Report legte erstmals die ökonomischen Folgen des Klimawandels dar und bezifferte die verschiedenen Szenarien mit volkswirtschaftlichen Kosten. Daraus geht hervor, dass ein rasches Eingreifen und Umsetzen von klimaschützenden Maßnahmen kostengünstiger wäre, als mit den auftretenden Veränderungen und deren Auswirkungen zu leben [Stern 2006]. Im vierten Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) von 2007 wurde eindeutig der Zusammenhang zwischen weltweitem Klimawandel und steigendem Ausstoß von Treibhausgasen festgestellt.

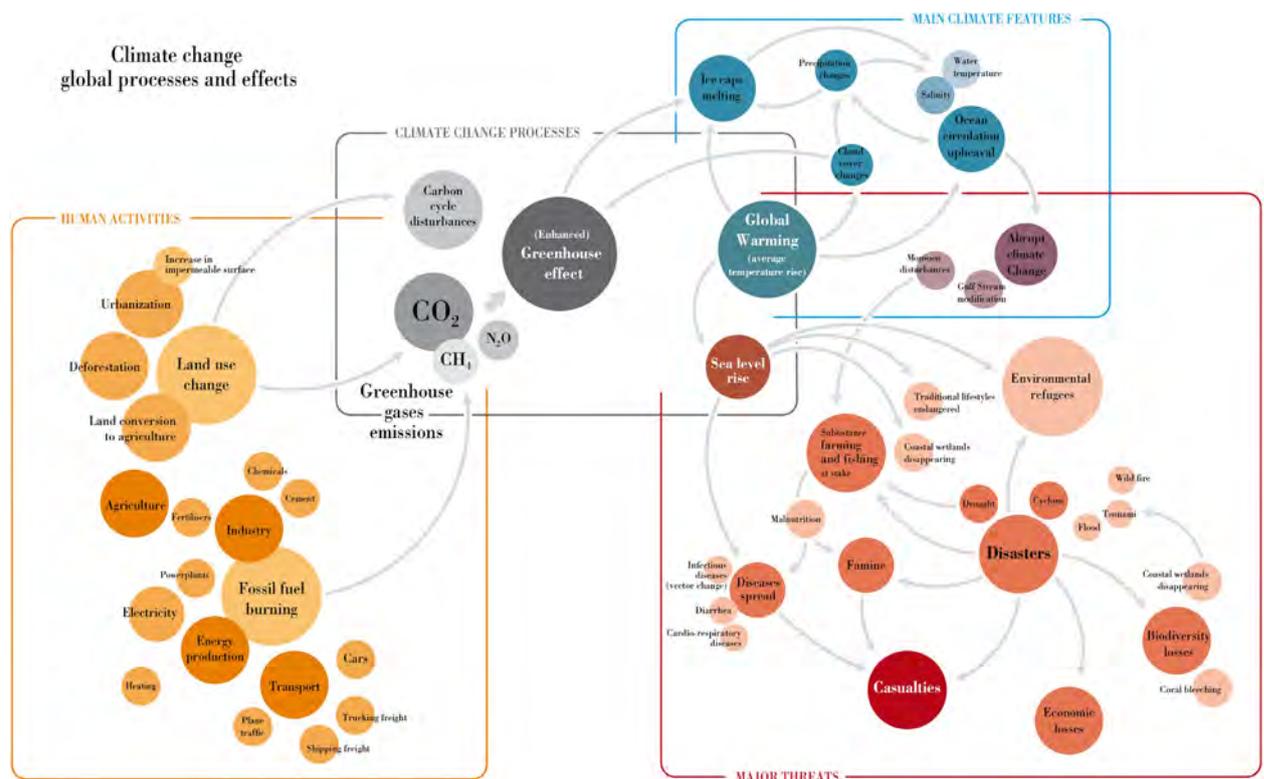


Abbildung 1.1: Klimatische Veränderungen und damit zusammenhängende Prozesse und Effekte [UNEP 2010a]

Die aufgezählten Aspekte haben weitreichende Folgen für das Leben auf der Erde. Durch das Ausrichten unseres Handelns auf Nachhaltigkeit, wird versucht die Folgen beherrschbar zu machen. Die Komplexität und die Wechselwirkungen der einzelnen Themenbereiche sind hierbei jedoch sehr hoch, wie in Abbildung 1.1 dargestellt ist.

# 1. Zusammenspiel von Nachhaltigkeitskriterien und (Bau-)Qualität

## 1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

### Bauwirtschaft

Der Bauwirtschaft kommt in der Diskussion um Nachhaltigkeit eine wichtige Rolle zu. Bauen trägt entscheidend zur Versiegelung der Böden bei und der Betrieb der Gebäude verursacht durch Energieverbrauch hohe Umweltbelastungen. Die Erstellung von Gebäuden ist verantwortlich für großen Rohstoffverbrauch und hohes Abfallaufkommen. Überschlägig wird nach Hegger der Handlungsbedarf für den Baubereich begründet mit:

- „Das Bauwesen verbraucht ca. 50 % aller auf der Welt verarbeiteten Rohstoffe.
- Der Bausektor erzeugt mehr als 60 % des in Deutschland anfallenden Abfalls.
- Die Bewirtschaftung von Gebäuden in Deutschland erfordert ca. 50 % des gesamten Energieeinsatzes.“ [Hegger 2008, Seite 26]

Zusätzlich hat die Bauwirtschaft in Deutschland einen relativ hohen Anteil an Beschäftigten und leistet einen nicht zu vernachlässigenden Anteil am Bruttoinlandsprodukt.

„Gleichzeitig ist das wirtschaftliche Umfeld von sehr dynamischen Veränderungen gekennzeichnet. Trotz leichter „Erholung“ des Baumarktes bis Ende 2008, ist dieser durch einen harten Verdrängungswettbewerb und ruinösen Preiswettbewerb gekennzeichnet. Man spricht in diesem Zusammenhang auch vom „Diktat der Billigkeit“ im Bausektor. Eine Vielzahl von Bauunternehmen hat sich den neuen Marktanforderungen angepasst. Insbesondere neue Lösungen, wie der Bereich der Facility Management-Dienstleistungen oder der PPP-Projekte, haben geholfen, Gewinne im operativen Bereich zu realisieren.“ [Meckmann 2009, Seite 3].

„Ökologisches Bauen“ gibt es im Bausektor schon seit einigen Jahrzehnten, und die Beschäftigung mit Themen der Nachhaltigkeit ist nicht neu. Allerdings war das Interesse bis vor kurzem eher auf kleine Zielgruppen der Investoren beschränkt. Inzwischen ist das Thema „Nachhaltigkeit“ aber im Baubereich ins Blickfeld gerückt und es gibt fast kein Produkt, keine Leistung mehr, die nicht als nachhaltig bezeichnet wird.

Für die Umsetzung von Kriterien der Nachhaltigkeit in Bauvorhaben gibt es bereits eine Vielzahl verschiedener Leitfäden, Hilfestellungen und Zertifizierungsmöglichkeiten auf nationaler sowie internationaler Ebene. Als Beispiele seien hier aufgeführt der Leitfaden Nachhaltiges Bauen, der inzwischen auch die Kriterien zur Zertifizierung auf Nachhaltigkeit enthält, die ECO-BKP Merkblätter [ECO-BAU 2011] aus der Schweiz, Wecobis oder die Zertifizierungskriterien von BNB, DGNB, LEED oder BREEAM; Abkürzungen siehe Kapitel 9. Auch sind in diesen Bereichen derzeit Normen in Bearbeitung, siehe hierzu Kapitel 2.2.2.2. rechtliche Grundlagen.

### Baupraxis

Der Baualltag zeigt ein ganz anderes Bild: Der heutige Planungs- und Bauprozess ist gekennzeichnet durch den kontinuierlichen Umgang mit Fehlern und Mängeln. Der Kommunikations- und Informationsaustausch ist oft mangelhaft. Es hat sich bis jetzt in der Praxis nicht durchgesetzt, dass durch die Berücksichtigung von Qualitätsaspekten beim Bauen, sowie durch bessere Qualität der Bauleistung von Planung über Material bis zur Verarbeitung, Nacharbeitungskosten und -zeiten verringert werden können. Längere schadensfreie Perioden der erbrachten Leistung können dann wiederum einen Geldwert schaffen. Sie haben somit auf die Nachhaltigkeit einer Immobilie Einfluss und indirekt auch auf die finanzielle Situation der Bauherren.

# 1. Zusammenspiel von Nachhaltigkeitskriterien und (Bau-)Qualität

## 1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

In einer Analyse der TU-Graz aus dem Jahre 2009 mit Befragung der verschiedenen am Bau beteiligten Parteien geht hervor, dass zurzeit Nachhaltigkeit meist auf die Begriffe Energieeffizienz, Ökologie und evtl. noch Lebenszyklusbetrachtung reduziert wird. Themen wie Langlebigkeit, Bauqualität, Gestaltung und Konstruktion werden nur vereinzelt damit in Verbindung gebracht. Gleichzeitig wird von den am Bau Beteiligten aber ein Trend hin zu mehr Qualität erwartet [Meckmann 2009]. „Auch wenn in diversen Umfragen die Bereitschaft ökologisch oder gar nachhaltig zu handeln in der Bevölkerung als recht hoch angegeben wird, so weicht das reale Handeln in der Praxis davon (bisher) deutlich ab.“ [Wallbaum 2009, Seite 294].

Die Notwendigkeit Nachhaltigkeitskriterien vermehrt beim Bauen zu berücksichtigen ist offensichtlich. Es werden dadurch an manchen Stellen zusätzliche Anforderungen an das Bauen gestellt.

An allgemeinen theoretischen Vorgaben, um diese Nachhaltigkeitskriterien im Baubereich zu erfüllen, mangelt es nicht. In der Umsetzung sind diese jedoch noch nicht angekommen und werden zur Zeit nicht praktikabel in den Bauablauf integriert. Zumindest stellt sich manchmal die Frage, ob die bis jetzt zu berücksichtigenden Kriterien die richtigen sind. Deshalb soll in dieser Arbeit das Zusammenspiel von Teilbereichen der Nachhaltigkeit und der (Bau-)Qualität untersucht werden. Was sind die Einflussfaktoren von qualitätsvollem Bauen auf die Ziele der Nachhaltigkeit? Ist eine positive Beeinflussung der Nachhaltigkeits- und Qualitätsaspekte durch ein Ineinandergreifen der Wechselwirkungen möglich? Dadurch sollen Verbesserungsmöglichkeiten herausgearbeitet werden.

Die Arbeit befasst sich mit Wechselwirkungen auf Gebäudeebene, globale Verbesserungsmöglichkeiten für die Weiterentwicklung unserer Erde übersteigen den Rahmen dieser Arbeit und werden deshalb nicht bearbeitet.

### Persönliche Erfahrungen

Während meiner mehrjährigen Tätigkeit im Bereich des Qualitätsmanagements im Baubereich wurde mir von Firmen immer wieder berichtet, dass nicht Qualität, sondern allein das billigste Angebot zählt. Vorteile wie gute Zusammenarbeit und auch durchgängige Planungsprozesse spielen meist keine primäre Rolle.

Auch aus der Bearbeitung von Nachhaltigkeitszertifizierungen ist mir das formale Abfragen von Kriterien bekannt, die an manchen Stellen Zusatzleistungen und damit Kosten erzeugen. In den inzwischen immer wichtiger werdenden Nachhaltigkeitsbewertungen werden objektiv bewertbare Kriterien abgefragt, bei denen Gestaltungsqualität und der Umgang mit dem Ort fast nicht bewertet werden. Gute Architektur, die sich gerade durch die Wechselbeziehung der verschiedenen Bereiche befruchtet, hat fast kein Gewicht. Auf der anderen Seite gibt es eine Reihe hervorragender, als besonders nachhaltig veröffentlichte Bauten, die fern jeglicher Zertifizierung entstanden sind. Zusätzlich werden von verschiedenen Architekten immer wieder gerade die Aspekte als wichtig hervorgehoben, die in einer Nachhaltigkeitsbewertung unter den Tisch fallen.

Aus dem Spannungsfeld hoher Nachhaltigkeitsanforderungen, guter Architektur und dem Wissen von Firmen, dass (Bau-)Qualität nicht zählt, hat sich die Fragestellung ergeben, ob Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität in einem Zusammenhang stehen und wenn ja wie. Könnte es sein, dass bei den Betrachtungen der Einzelbereiche zu wenig auf die Wirkungen untereinander

**1.**  
**Zusammenspiel**  
**von Nachhaltigkeits-**  
**kriterien und**  
**(Bau-)Qualität**

Untersuchungs-  
methodik

**1.1**  
**Ausgangssituation und Problemstellung**

geachtet wird? Eine Untersuchung der Wechselwirkungen der beiden Themenfelder Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität ist bisher nicht veröffentlicht.

Schon in den 70/80er Jahren des letzten Jahrhunderts hat sich die Kybernetik als Disziplin zur Betrachtung von Verknüpfungen und Wechselwirkungen etabliert. Erkenntnisse dieser Disziplin sollen auf den Bereich Nachhaltigkeit / (Bau-)Qualität übertragen werden und damit Steuerungsmöglichkeiten herausgearbeitet werden. Über die Analyse von gebauten Beispielen wird aufgezeigt, welche Wichtigkeit der Entstehungsprozess, sowie energetische und funktionale Zusammenhänge für das Gebäude haben.

## 1. Zusammenspiel von Nachhaltigkeits- kriterien und (Bau-)Qualität

### 1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

#### 1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, die Einflussfaktoren von qualitativem Bauen auf die Ziele der Nachhaltigkeit und die zwischen beiden Themenbereichen bestehenden Wechselwirkungen zu untersuchen. Nach einer theoretischen Bearbeitung der Themen Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität werden die bestehenden Wechselwirkungen in einer Sensitivitätsanalyse betrachtet. Anhand von gebauten Beispielen wird eine Analyse der bestehenden Wechselwirkungen vorgenommen. Diese wird dem theoretischen Modell gegenübergestellt und die für qualitativ und nachhaltiges Bauen wichtigen Einflussgrößen herausgearbeitet.

*Kapitel 2* enthält die Definition der Begriffe Nachhaltigkeit, (Bau-)Qualität und Kybernetik. Der Zusammenhang mit dem Baubereich wird erläutert. Aus diesen Erläuterungen werden im Folgenden Variablen abgeleitet, die für die Beziehungen von Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität entscheidend sind. In einem ersten Zwischenfazit wird der allgemeine Zusammenhang von Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität beschrieben.

In *Kapitel 3* wird mit den abgeleiteten Variablen eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Mit dieser Sensitivitätsanalyse lassen sich komplexe Zusammenhänge, die ein Verständnis der Zusammenhänge und Rückwirkungen einzelner Teile verlangen, übersichtlich darstellen. Darüber hinaus wird durch die strukturierte Vorgehensweise bei der Erstellung eines Wirkungsgefüges und deren Rückkoppelungen im Sensitivitätsmodell Prof. Vester® ein System aufgebaut, mit dem sich durch die gezielte Beeinflussung bestimmter Einflussvariablen neue Szenarien aufbauen lassen und damit Abschätzungen der langfristigen Einwirkungen möglich werden. Genauer betrachtet werden die Einflüsse, die sich im Bereich integraler Planung und Gestaltung ergeben.

Gebaute Beispiele nachhaltiger Architektur werden in *Kapitel 4* auf dahinterliegende Prinzipien untersucht. Ausgewählt werden Gebäude, die als nachhaltig und gestalterisch herausragende Beispiele in den letzten Jahren veröffentlicht und z.T. mit Preisen ausgezeichnet wurden. Untersucht werden der Planungs- und Bauprozess, energetisches Konzept, Materialwahl, Kosteneinfluss und die Einflussfaktoren für die Gestaltung. Die Ergebnisse der Gebäudeanalysen werden verallgemeinert. Hierbei werden Gemeinsamkeiten und Unterschiede herausgearbeitet und ein kybernetisches System aufgebaut, unter welchen Voraussetzungen nachhaltige Architektur in diesen Beispielen entstehen kann.

In *Kapitel 5* werden die Ergebnisse der Betrachtungen aus Kapitel 3 und die Ergebnisse aus der Gebäudeanalyse in Kapitel 4 gegenübergestellt. Die Ergebnisse werden zusammengefasst und daraus ein kybernetisches System nachhaltiger Gebäude erstellt. Aus den Ergebnissen werden entscheidende Kriterien herausgearbeitet und Weiterentwicklungsmöglichkeiten dargestellt.

Vorschläge für ein zukünftiges Vorgehen unter Berücksichtigung der Verknüpfungen von Nachhaltigkeitskriterien und Aspekten der (Bau-)Qualität wird in *Kapitel 6* beschrieben.

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.1 Vorbemerkungen

In diesem Kapitel werden die Begrifflichkeiten der Nachhaltigkeit sowie der (Bau-)Qualität genau definiert und in ihren Teilaspekten konkretisiert. Dazu werden die Begriffe allgemein erläutert, auf den Baubereich bezogen und schließlich die aktuelle Umsetzung in der Baupraxis beschrieben. Diese Ausarbeitungen sind Grundlage für den theoretischen Teil der Arbeit in Kapitel 3. Durch die Herausarbeitung von Schlüsselkomponenten aus dem Bereich Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität werden in Kapitel 3.3.1 Einflussvariablen abgeleitet, die als Ausgangsbasis für die Modellierung der Wechselwirkungen im *Sensitivitätsmodell Prof. Vester®* dienen. Um die spätere Zuordnung zu erleichtern, wird der komplette Satz der Einflussvariablen vorab in der Abbildung 2.1.1 dargestellt.

Einflussvariablen		
Nachhaltigkeit	(Bau-)Qualität	Sonstiges
1 Höhe der Umweltwirkungen	11 Funktionieren der integralen Planung	20 rechtliche Anpassung
2 Höhe des stofflichen Verbrauchs	12 Entscheidungswille des Bauherrn	
3 Höhe der Erstellungskosten	13 Effizienz der Überwachung der Ausführung	
4 Höhe der Betriebskosten	14 Intensität der Motivation	
5 Höhe der Entsorgungskosten	15 Stärke des Konkurrenzdrucks	
6 Dauerhaftigkeit	16 Durchgängigkeit der Informationsweitergabe	
7 Optimierung der Instandhaltung	17 Erfüllung technischer Aspekte	
8 Gesundheit der Nutzer	18 „Ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung	
9 Behaglichkeit der Nutzer	19 „Ganzheitliche Durchdachtheit“ der Funktionalität	
10 Maß der Zufriedenheit		

Abbildung 2.1.1:  
Aufschlüsselung der Einflussvariablen nach Bereichen

### 2.2 Nachhaltigkeit

#### 2.2.1 Begriffsdefinition und Entwicklung des Begriffs

Der Begriff geht auf die Forstwirtschaft im 18. Jahrhundert zurück. Hanns Carl von Carlowitz definierte 1713 „Nachhaltigkeit“, als die Bewirtschaftungsweise der Wälder, bei der immer nur so viel Holz entnommen wird, wie nachwachsen kann. Ziel dabei war und ist es, die Regenerationsfähigkeit des Waldes zu erhalten.

1972 wird der Begriff „sustainable“ im Bericht: „Die Grenzen des Wachstums“ von Dennis L. Meadows wieder verwendet. Hier wird der Begriff als „Zustand des globalen Gleichgewichts“ definiert. In diesem Bericht wurden die vorherrschende Wachstumsgläubigkeit und der Lebensstil der Industrienationen drastisch in Frage gestellt. Es wurde versucht die Grenzen des Wachstums durch Modellierungen der möglichen Entwicklungen in den Bereichen Nahrungsmittelproduktion, Rohstoffverbrauch usw. abzustecken, und es wurden Empfehlungen ausgesprochen, wie eine Kollision mit diesen Grenzen vermieden werden könnte. Dem Denken in langfristigen Zusammenhängen kommt hierbei die entscheidende Rolle zu [Kopatz 2006].

Brundtland-Bericht

1987 wurde der Begriff Nachhaltigkeit in dem Abschlussbericht „Our common future“ der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (WCED) unter Vorsitz von Gro Harlem Brundtland, der auch als Brundtland-Bericht bekannt

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit

wurde, wieder aufgegriffen. Dieser Bericht eröffnete die Nachhaltigkeitsdebatte wieder. Der Begriff wird darin erstmals umfassend dargestellt. Nachhaltigkeit wird definiert in der Bedeutung: „sustainable development meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.“ [Enquete-Kommission 1998, Seite 16].

Nachhaltigkeit wird seither als eine dauerhafte Entwicklung definiert, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen. Diese Definition erfasst Umweltprobleme in den Industriestaaten ebenso, wie die Schuldenproblematik der dritten Welt und bringt sie in einen Zusammenhang.

Die Wichtigkeit von Nachhaltigkeit wird von den Vereinten Nationen mit der begrenzten Belastbarkeit unserer Erde begründet. Als Indikatoren hierfür werden der Klimawandel, Wasserqualität / -mangel, Artensterben, sich ausbreitende Wüsten, Endlichkeit der Ressourcen und anderes angeführt.

#### Agenda 21

Mit der Konferenz in Rio de Janeiro 1992 wurde die Umweltpolitik weltweit als Regierungsthema anerkannt. Als das zentrale Dokument gilt hierbei die Agenda 21, die als Aktionsplan für das 21. Jahrhundert verstanden wurde.

Es werden darin allgemeine Prinzipien der Nachhaltigkeit behandelt. Die Problemfelder der Umwelt- und Entwicklungspolitik werden ausführlich dargelegt. Schon im Vorwort wird das Prinzip „Global denken, lokal handeln“ hervorgehoben. Die Agenda 21 hat bis in die Lokalpolitik Beachtung gefunden. Zusätzlich wurde von 154 Staaten eine Klimarahmenkonvention beschlossen, wobei sich die OPEC-Staaten ausschlossen. Konkrete Grenzwerte, Zeitpläne und Mechanismen wurden dann auf der Klima-Konferenz in Kyoto (1997) beschlossen.

Mit dem World Summit on Sustainable Development 2002 in Johannesburg sollte dem Nachhaltigkeitsprozess neue Kraft verliehen werden. Allerdings war schon in den Jahren davor die Stimmung nicht mehr euphorisch. Gerade durch den 11. September war der Optimismus den Terrorszenarien gewichen. Eine kritische Bilanz, die durch die Heinrich Böll Stiftung im Vorfeld der Konferenz veröffentlicht wurde, erläuterte, dass die Staaten der nördlichen Hemisphäre die Vereinbarungen von Rio vernachlässigen und auch die südlichen Staaten ein geringes Interesse für Umweltschutz an den Tag legen, und die WTO-Regeln wichtiger genommen werden als die Rio-Verpflichtungen. [Kopatz 2006].

Es kann festgestellt werden, dass das Ansehen von „Weltkonferenzen“ inzwischen verblasst ist. „Die glanzvollen Großereignisse bis 1996 hatten vorwiegend ehrgeizige Deklarationen und Verkündungen von Aktionen zum Gegenstand. Fortan sind jedoch praktische Umsetzungen und die Evaluierung des Erreichten gefragt gewesen. Mit dieser Aufgabe betraute Konferenzen sind gescheitert oder nur mit notdürftigen Kompromissen abgeschlossen worden.“ [Kopatz 2006, Seite 18].

Diese Tendenz setzte sich auch mit der Klimakonferenz in Kopenhagen 2009 fort, obwohl durch den 2006 veröffentlichten Stern-Report von Sir Nicolas Stern eine volkswirtschaftliche Berechnung der Kosten für Klimaschutz verschiedener Szenarien eindrücklich darstellte, wie wichtig ein frühzeitiges Eingreifen ist. Der Report des ehemaligen Weltbank-Chefökonom Sir Nicholas Stern stellt fest, je länger die anthropogenen Emissionen über der natürlichen Kapazität der Erde liegen, desto höher wird das endgültige Stabi-

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit

lisierungsniveau der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre liegen. Um diese natürliche Kapazität nicht zu überschreiten, ein Niveau das die Erde absorbieren kann, ohne zur Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre beizutragen, werden langfristig die Emissionen auf unter fünf Milliarden Tonnen Kohlendioxidäquivalent reduziert werden müssen. Dieser Wert liegt 80 % unter dem absoluten Niveau der derzeit jährlichen Emissionen [Stern 2006].

#### Globale Rahmen- bedingungen

Allgemein begründet sich die Notwendigkeit nachhaltige Entwicklungen umzusetzen und nachhaltig zu bauen mit den sich ändernden globalen Rahmenbedingungen:

- Der 2006 veröffentlichte Stern-Report legte erstmals die ökonomischen Folgen des Klimawandels dar und bezifferte die verschiedenen Szenarien mit volkswirtschaftlichen Kosten.
- Der vierte Sachstandsbericht des IPCC-Bericht von 2007 stellte eindeutig den Zusammenhang zwischen weltweitem Klimawandel und steigendem Ausstoß von Treibhausgasen fest.
- Neben dem Klimawandel wird auch die Endlichkeit der nicht erneuerbaren Energieträger Auswirkungen haben.
- Auch die gesellschaftlichen Veränderungen (Überalterung der Gesellschaft in Europa) und der erwartete Bevölkerungsanstieg weltweit sind Teil der weltweiten Veränderungen.

#### 2.2.1.1 Schwache und starke Nachhaltigkeit

Der Begriff „Nachhaltigkeit“ und daraus folgende nachhaltige Entwicklungen sind eine globale Notwendigkeit, um mit den sich ändernden Rahmenbedingungen umzugehen. Da die Nachhaltigkeit eigentlich ein Leitbild ist, lässt es sich nicht eindeutig in allgemein verpflichtende Ziele und quantitativ messbare Kenngrößen umsetzen. Einzelne Ziele im Bereich der Nachhaltigkeit können mit verschiedenen Strategien verfolgt werden.

Durch die Kritik an der nicht eindeutigen Operationalisierbarkeit der Nachhaltigkeit wird in der wissenschaftlichen Nachhaltigkeitsdiskussion deshalb zwischen „schwacher“ und „starker“ Nachhaltigkeit unterschieden.

#### Schwache Nachhaltigkeit

Schwache Nachhaltigkeit meint, dass sich die ökologischen, ökonomischen und sozialen Ressourcen gegeneinander aufwiegen lassen. Es könnten nach diesem Ansatz also z.B. Naturressourcen erschöpft werden, wenn dafür eine angemessene Menge an Sach- oder Humankapital geschaffen wird. Dieses kann langfristig dann helfen, die erschöpften Ressourcen zu ersetzen. Vertreter dieses Ansatzes gehen davon aus, dass z.B. Umweltschutz, bis hin zu Vorsorgeprinzipien für den Klimaschutz nur insoweit nötig sind, wie damit höhere Kosten für Schadenseindämmung ersetzt werden. Schwache Nachhaltigkeit kommt ohne Technikoptimismus nicht aus. Durch technologischen Fortschritt sollen nach und nach nicht erneuerbare Ressourcen mittels weiterentwickelter Technologie mit erneuerbaren Energien ersetzt werden. Es ist aber beispielsweise fraglich, wie langfristig die Artenvielfalt und die Filterfunktion eines abgeholzten Waldes durch neue Technologien ersetzt werden kann. Schon oft wurde die Hoffnung in neue Technologien überbewertet. Man muss sich hierzu nur die vermeintlich sichere Atomtechno-

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit

logie und die Unglücke in Tschernobyl (1986) oder Fukushima (2011), oder die Explosion der als unsinkbar geltenden Ölbohrinsel „Deepwater Horizon“ (2010) und die darauf folgende Umweltkatastrophe an den amerikanischen Küsten ansehen.

#### Starke Nachhaltigkeit

Starke Nachhaltigkeit bezeichnet dagegen den Ansatz, dass Naturkapital nicht mit Human- oder Sachkapital ersetzbar ist. Hierbei ist Natur nicht substituierbar und hat einen Wert an sich, der unabhängig von den anderen Kapitalbeständen erhalten bleiben muss. Strategien wie der ökologische Fußabdruck sind hierunter zu zählen. Ökologische Bedingungen, die langfristig Lebensbedingungen auf der Erde sichern, bilden einen Rahmen, innerhalb dessen ein Spielraum zur Umsetzung wirtschaftlicher und sozialer Ziele besteht. Es kann daher z.B. eine Investition in die Zukunft sein, den Fischfang in einem Gewässer so lange auszusetzen, bis sich die Bestände wieder erholt haben, um langfristig nicht die gesamte Fischerei einstellen zu müssen. Auch die Konzeption der starken Nachhaltigkeit kann das Problem der Erschöpfung endlicher Ressourcen nicht lösen. Aber es kann bewirken, dass die endlichen Ressourcen so eingesetzt werden, dass sie möglichst langfristig zur Verfügung stehen.

#### 2.2.1.2 Nachhaltige Entwicklungen

Dem starken Bevölkerungswachstum, dem zunehmenden Ressourcenverbrauch und der wachsenden Umweltzerstörung muss mit Konzepten der umwelt- und sozialverträglichen Entwicklungen begegnet werden. Der Begriff „nachhaltige Entwicklung“ (oder im englischen: sustainable development) wird hierfür verwendet. Der gesamte Themenkomplex der globalen (politischen und gesellschaftlichen) Ziele und Strategien wird heruntergebrochen bis hin zu der lokalen Umsetzung von Teilzielen in einzelnen Gemeinden.

Inzwischen hat sich der Begriff durch seine vielfältige und auf alle Lebensbereiche anwendbare Bedeutung als eine Worthülse etabliert, mit der ganz unterschiedliche Aspekte gemeint sein können. Gerade die Unschärfe des Begriffs macht ihn für viele Bereiche anwendbar (ähnlich wie den Begriff Qualität im Kapitel 2.3). Für eine Verwendung in dieser Arbeit werden konkrete Anwendungsbereiche herausgearbeitet.

In Deutschland haben folgende Weiterentwicklungen stattgefunden: Die Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages (1998) integrierte durchgängig die drei Säulen Ökologie, Ökonomie und Soziales und schuf damit die Grundlage dafür, dass das „Nachhaltigkeitsdreieck“ das bekannteste Modell im Nachhaltigkeitsdiskurs wurde. Erstmals wurden hier alle drei Dimensionen gleichberechtigt und gleichwertig behandelt und das Ineinandergreifen der einzelnen Dimensionen und deren Verknüpfungen beschrieben.

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit



Abbildung 2.2.1:  
Nachhaltigkeitsdreieck nach [Enquete-Kommission 1998]

#### Ökologische Nachhaltigkeit

Ökologische Nachhaltigkeit umschreibt die Zieldimension, Natur und Umwelt für die nachfolgenden Generationen zu erhalten. Klimaschutz, Artenvielfalt, Pflege und Erhalt von Landschafts- und Kulturräumen, sowie schonender Umgang mit natürlicher Umgebung gehören dazu.

#### Ökonomische Nachhaltigkeit

Ökonomische Nachhaltigkeit bedeutet den Schutz wirtschaftlicher Ressourcen vor Ausbeutung und die Bildung einer Wirtschaftsweise, die eine dauerhafte und tragfähige Grundlage für Erwerb und Wohlstand bietet.

#### Soziale Nachhaltigkeit

Soziale Nachhaltigkeit schließt den Ausgleich sozialer Kräfte mit ein, mit dem Ziel, eine auf Dauer zukunftsfähige und lebenswerte Gesellschaft zu erreichen.

Nachhaltigkeit kann auf allen Ebenen, von lokal über regional und national bis global angewendet werden. Nachhaltigkeit ist als Leitprinzip für das Handeln in allen Teilbereichen des Lebens anwendbar. Bei der ökologischen Perspektive wird in großen Teilen ein globaler Ansatz versucht (Kyoto-Protokoll, Klimakonferenzen), während bei der wirtschaftlichen und vor allem sozialen Perspektive meistens lokale bis nationale Blickwinkel im Vordergrund stehen.

Im Schlussbericht der Enquete-Kommission (2002): Globalisierung der Weltwirtschaft – Herausforderungen und Antworten, wird Nachhaltigkeit dann so definiert: „Das Konzept der Nachhaltigkeit beschreibt die Nutzung eines regenerierbaren natürlichen Systems in einer Weise, dass dieses System in seinen wesentlichen Eigenschaften erhalten bleibt und sein Bestand auf natürliche Weise nachwachsen kann“ [Enquete-Kommission 2002]. Allen Definitionen ist das Ziel gemeinsam, die Erhaltung der Lebensgrundlage, Chancengleichheit über Generationen und Sicherung der Bedürfnisse der Menschen über Generationen zu gewährleisten. Das Nachhaltigkeitsdreieck wird oft als Drei-Säulen-Modell betrachtet. In dieser Darstellung ist Nachhaltigkeit auf den Säulen Ökologie, Ökonomie und Soziales aufgebaut.

In neueren Veröffentlichungen wird das Nachhaltigkeitsdreieck auch mit vier Dimensionen dargestellt. Hierbei kommt als zusätzliche Dimension die kulturelle Diversität hinzu. Diese wird als unersetzbar für die kulturelle Identität der Gesellschaft angesehen, wobei es nicht nur um Denkmäler geht, sondern auch „... um die gebaute Umwelt als Produkt der menschlichen Geschichte. Sie stellt als architektonisches Erbe eine nichterneuerbare Ressource dar.“ [König 2009, Seite 8].

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit

In dieser Arbeit wird auf das Nachhaltigkeitsdreieck zurückgegriffen. Da die Systemgrenze dieser Arbeit die Ebene des Gebäudes ist, werden nur Kriterien betrachtet, die unmittelbar mit dem Gebäude, der Erstellung des Gebäudes und seiner Nutzung zusammenhängen. Die kulturellen Kriterien als vierte Ebene einer Nachhaltigkeitsbetrachtung, die auch eine langfristig angelegte gesellschaftliche Relevanz haben, gehen über den Bewertungsrahmen der Arbeit hinaus und werden deshalb nur über gebäuderelevante Indikatoren abgedeckt.

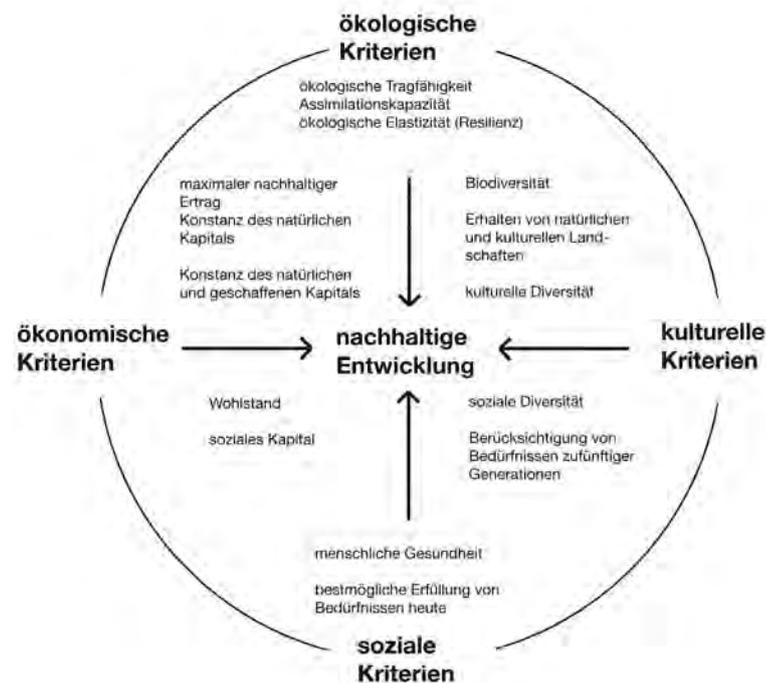


Abbildung 2.2.2 : Vier Dimensionen einer nachhaltigen Entwicklung nach [König 2009, Seite 9]

Zur Unterstützung des Dialoges über Nachhaltigkeit in der Gesellschaft wurde 2001 ein hochrangig besetzter „Rat für nachhaltige Entwicklung“ von der deutschen Bundesregierung eingesetzt. Dieser nimmt kritisch zu den aktuellen Fragen im umfangreichen Bereich der Nachhaltigkeit (von Klima- und Energiepolitik bis Generationenthemen) Stellung. Der Rat hat die Aufgabe, Beiträge für die Umsetzung der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie zu entwickeln, konkrete Handlungsfelder und Projekte zu benennen sowie Nachhaltigkeit zu einem wichtigen öffentlichen Anliegen zu machen. Die Nachhaltigkeitspolitik ist dabei eine wichtige Grundlage, um die Umwelt zu erhalten, die Lebensqualität, den sozialen Zusammenhalt in der Gesellschaft und die wirtschaftliche Entwicklung in einer integrierten Art und Weise voran zu bringen. Durch die Veröffentlichung einer Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung 2002, bei der der „Rat für nachhaltige Entwicklungen“ Anregungen und Empfehlungen gab, sollen nachhaltige Entwicklungen vorangetrieben werden. Über 21 Indikatoren, die in regelmäßigen Abständen evaluiert werden (bis heute 2004 und 2008), werden die Fortschritte überprüft, Handlungsbedarf ausgelotet und sollen Weiterentwicklungen angestoßen werden [BMU 2011]. Daraus können als augenblickliche Defizite z.B. die nur moderate Steigerung der Energieproduktivität angesehen werden. Auch wenn der Endenergieverbrauch bei den privaten Haushalten gesunken ist, wurde dies

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit

durch die vergrößerten Wohnflächen und die höhere Ausstattung mit Elektrogeräten ausgeglichen. Die nur langsame Steigerung der Rohstoffproduktivität ist ein weiterer verbesserungswürdiger Faktor. [Destatis 2010]

Nachhaltige Entwicklung erfordert also generell unsere Wirtschaftsweise so zu gestalten, dass die gewünschte Lebensqualität mit langfristig sehr viel geringerem Ressourcenverbrauch erreicht werden kann. Ohne Effizienzsteigerung wird der Einsatz der natürlichen Ressourcen nicht ausreichen. Nur so lassen sich die Lebensgrundlagen für die nachfolgenden Generationen erhalten. Nachhaltige Entwicklung bezieht sich auf das Verhältnis von menschlichem Wirtschaften, der hierdurch erreichten Lebensqualität und dem dafür erforderlichen Verbrauch an natürlichen Ressourcen. Gerade der Baubereich kann durch eine verbesserte Effizienz der Ressourcennutzung einen entscheidenden Beitrag leisten.

#### 2.2.2 Nachhaltigkeit im Baubereich

##### 2.2.2.1 Allgemeines

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf den Bereich Bauen und betrachtet Nachhaltigkeit deshalb unter den für das Bauen relevanten Gesichtspunkten.



Abbildung 2.2.3: Entstehung des Bruttoinlandsprodukts in Deutschland 2008. [Destatis 2009b]

Überschlägig wird nach [Hegger 2008, Seite 26] der Handlungsbedarf für den Baubereich begründet mit:

- „Das Bauwesen verbraucht ca. 50 % aller auf der Welt verarbeiteten Rohstoffe.
- Der Bausektor erzeugt mehr als 60 % des in Deutschland anfallenden Abfalls.
- Die Bewirtschaftung von Gebäuden in Deutschland erfordert ca. 50 % des gesamten Energieeinsatzes.“

Bauen trägt entscheidend zur Versiegelung der Böden bei und der Betrieb der Gebäude verursacht durch Energieverbrauch hohe Umweltbelastungen. Deshalb muss der Baubereich zukünftig wesentlich zu nachhaltigen Entwicklungen beitragen.

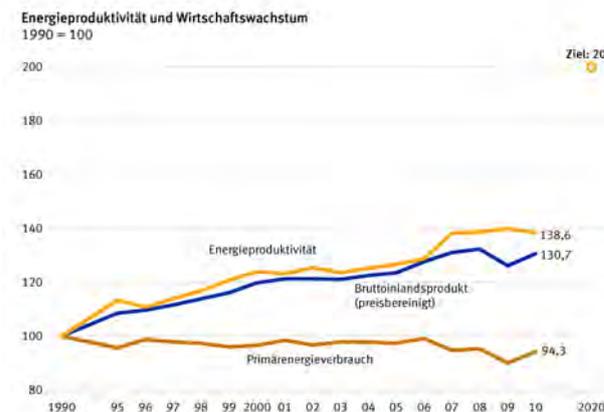
## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit

Zusätzlich ist anzumerken, dass im Baugewerbe ein Anteil von 5,4 % der Erwerbstätigen (2,2 Mio. von 40,3 Mio. Erwerbstätigen in Deutschland) beschäftigt sind [Destatis 2009a]. Zugleich hatte das Baugewerbe einen Anteil von 4,3 % zum Bruttoinlandsprodukt in Deutschland beigetragen (wie aus Abbildung 2.1.3 ersichtlich ist).

Der Baubereich hat durch seinen starken Anteil am Stoff- und Energieverbrauch für Bauwerke, sowie durch die Schaffung von energieeffizienten Gebäuden hohe Einflussmöglichkeiten. Hierfür sind die Indikatoren Energieproduktivität und Rohstoffproduktivität relevant, die im Verhältnis zum Bruttoinlandsprodukt gemessen werden [Destatis 2010, Seite 5, 6]. Aus dem periodisch aktualisierten Indikatorenbericht des Statistischen Bundesamtes zum Nachhaltigkeitsbericht der Bundesregierung ist ersichtlich, dass auch Anstrengungen der Bauwirtschaft nötig sind, um die für 2020 im Nachhaltigkeitsbericht angestrebten Ziele erreichen zu können, siehe hierzu auch Abbildung 2.2.4. Für die genauen Ergebnisse wird auf den Indikatorenbericht [Destatis 2010] verwiesen.

#### 1a Energieproduktivität



#### 1b Rohstoffproduktivität

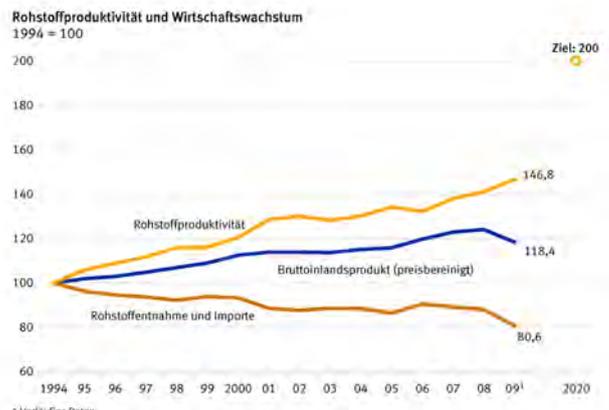


Abbildung 2.2.4:  
Energieproduktivität und Rohstoffproduktivität aus dem Indikatorenbericht  
[Destatis 2010, Seite 5, 6]

In der Umsetzung des Leitbildes Nachhaltigkeit in allgemein verpflichtende Ziele und einfache messbare Kenngrößen bestehen allerdings Probleme. Erstmals wurden daher im Schlussbericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ Ziele im Bereich nachhaltiger Entwicklung für das Bauen und Wohnen zusammengestellt. Um die Beurteilung von Bauwerken im Bereich der Nachhaltigkeit durch geeignete Hilfsmittel handhabbar zu machen, wurden daraus allgemeine Schutzziele abgeleitet.

#### Allgemeine Schutzziele

Diese sind:

- Schutz des Ökosystems bzw. der natürlichen Umwelt: Erhaltung der Biodiversität und des Landschaftsbilds, Schutz des Klimas und der Ozonschicht
- Schutz der natürlichen Ressourcen: Sicherung von Flächen, Flächenqualität, Naturraum und von biotischen und abiotischen Ressourcen
- Schutz der Gesundheit von Nutzer, Hersteller, Anwohner, Behaglichkeit, Komfort, Sicherheit

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit

- Schutz gesellschaftlicher Werte und öffentlicher Güter: Sozialverträglichkeit, Akzeptanz, Flexibilität, kulturelle Bedeutungswerte
- Erhaltung von Kapital: Sicherung materieller Werte (Instandsetzungsfreundlichkeit, Dauerhaftigkeit, Umnutzbarkeit, Rückbaubarkeit, Recyclingfähigkeit, Wartung, Pflege), kurz-, mittel- und langfristige Entwicklung von Ertrag und Wert, Reduzierung des Risikos.

Anders ausgedrückt, könnte man sagen: „Beim nachhaltigen Bauen wird folglich ein Minimum an Umwelteinwirkungen auf Klima, Wasser, Luft und Boden sowie an Auswirkungen auf den Menschen (Humantoxizität) bei gleichzeitiger Optimierung der Erst- und Folgekosten angestrebt.“ [Herzog 2005, Seite 15].

Im Rahmen der Darstellung von Nachhaltigkeit als Drei-Säulen-Modell können im Bauwesen die Bereiche der ökologischen, ökonomischen und sozio-kulturellen Komponenten wie folgt beschrieben werden:

#### Ökologische Komponente

Schutzziele in der Ökologischen Komponente sind Schutz der Ressourcen und Schutz des Ökosystems. Arbeitsfelder sind die Fragestellungen des Flächenverbrauches, der energetischen und stofflichen Ressourcen, Wasserverbrauch und reale lokale und globale Effekte mit der Ausrichtung auf möglichst geringe Belastung des Naturhaushalts. Unter diesen Punkt fallen auch Fragestellungen zu Recycling und Wiederverwendung. Alle Arbeitsfelder sind über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes (Bau, Nutzung, Rückbau) zu beleuchten.

#### Ökonomische Komponente

Die Ökonomische Komponente beinhaltet die Gesamtwirtschaftlichkeit eines Gebäudes. Schutzziele sind die Optimierung der Kosten (Erstellungs- und Betriebskosten) und Erhalt des Kapitals. Hierunter fallen die wirtschaftliche Optimierung der Energie- und Stromkosten, Reinigungskosten, Nebenkosten im Betrieb allgemein, Wartungs- und Reparaturfreundlichkeit, Instandhaltungszyklen und eine langfristige Maximierung der Ressourcenproduktivität.

#### Sozio-kulturelle Komponente

Schutzziele in der sozio-kulturellen Komponente sind der Erhalt sozialer und kultureller Werte, der Gesundheitsschutz und die Behaglichkeit für Nutzer. Nutzerzufriedenheit, Schutz der Arbeitsbedingungen, denkmalpflegerische Aspekte und Erhalt von kulturellem Wissen gehören hier dazu. Klar umrissen sind auch die Aspekte der Barrierefreiheit, Sicherheit und Erreichbarkeit. Aber auch hohe gestalterische Qualität eines Gebäudes zählt hierunter. Die gestalterische Qualität stellt sich hierbei in der Auseinandersetzung mit dem Ort, Schaffen von räumlicher Identität, der Erzeugung von Raumqualitäten im Gebäude sowie dem Einbezug von Energiekonzepten und Materialwahl dar.

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit



Abbildung 2.2.5:  
Untergliederung des Begriffes Nachhaltigkeit nach [Enquete-Kommission 1998]

Aus den Kategorien ergeben sich Fragestellungen für Planung und Ausführung von Bauten in verschiedener Hinsicht. Bei Vorüberlegungen zur Planung von Gebäuden sollten Fragestellungen in diesen Gebieten miteinbezogen werden.

Mit dieser Ausrichtung wird deutlich, dass nachhaltige Entwicklungen mehr als reiner Umweltschutz sind und dass die Auswirkungen unseres heutigen Handelns für die Zukunft miteinbezogen werden müssen. Nur so kann der Umwelt- und Ressourcenverbrauch unter Wahrung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit und des sozialen Zusammenhalts auf ein dauerhaft tragbares Niveau gesenkt werden [Wallbaum 2009].

Den öffentlichen Auftraggebern kommt bei der Umsetzung nachhaltiger Konsum- und Produktionsmuster eine Vorbildfunktion zu. Die öffentliche Hand ist mit ihren verschiedenen Institutionen ein sehr großer Konsument von Waren und Dienstleistungen. „So verursachten Bund, Länder, Kommunen und öffentliche Unternehmen im Jahr 2006 Treibhausgasemissionen in Höhe von 42,8 Millionen Tonnen Kohlendioxidäquivalent. Damit lassen sich 4 % aller Treibhausgasemissionen in Deutschland direkt dem öffentlichen Sektor zuordnen.“ [Hartmann 2009, Seite 5]. Durch die Meseberger Beschlüsse (2007) hat sich die Bundesregierung dem ökologischen Leitbild verpflichtet. Folgerichtig muss sie durch ihre Vorbildfunktion positive Beispiele setzen.

#### 2.2.2.2 Rechtliche Grundlagen

Nachfolgend wird kurz auf die rechtlichen Rahmenbedingungen in Europa im Bereich der Nachhaltigkeit eingegangen. Die Entwicklungen in Deutschland werden anschließend besprochen.

Europa

Die EU hat aktuell (2009) durch verschiedene Richtlinien und Initiativen Ziele im Bereich der Nachhaltigkeit wie folgt abgesteckt:

- „Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber 1990 um 20 %.
- Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien um 20 % bis 2020
- Senkung des Energieverbrauchs um 20 % gemessen an den Prognosen für 2020.

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit

- *Richtlinie 2003/87/EG* vom 13.10.2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten
- Leitmarktinitiative der EU: Entwicklung freiwilliger Ziele für die Realisierung des nachhaltigen Bauens
- Neue *Bauprodukten Verordnung – Neu: BR 7 – Sustainable Use of Natural Resources*“ [Schwaner 2009, Seite 209]
- *Richtlinie 2002/91/EG* vom 16.12.2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und Aktualisierung der Richtlinie vom November 2002. Danach müssen Gebäude ab Dezember 2018 europaweit einem „Niedrigstenergiegebäudestandard“ entsprechen

Für Deutschland wurden in der Umsetzung der Richtlinien 2010 folgende Ziele festgelegt:

- Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber 1990 um 20 %. Diese Vorgaben wurden inzwischen auf eine Reduktion um 40 % bis 2020 erhöht. Der Anteil soll dann bis 2050 stufenweise auf zwischen 80 % bis 95 % des Wertes von 1990 reduziert werden. [UBA 2009], [BMU 2011]
- Die Steigerung der Energieproduktivität soll den Primärenergieverbrauch bis 2050 um 50 % und den Stromverbrauch um 25 % gegenüber dem Jahr 2008 senken, gleichzeitig soll der Anteil der erneuerbaren Energien stetig ausgebaut werden. Das Ziel der Bundesregierung sieht vor, in gestaffelten Anhebungen den Anteil der erneuerbaren Energien an der Endenergie auf 60 % und an dem Stromverbrauch auf 80 % zu erhöhen. [BMU 2010]
- Mit den Novellierungen der Energieeinsparverordnung ab 2012 müssen Gebäude ab Dezember 2018 europaweit einem „Niedrigstenergiegebäudestandard“ entsprechen. Das bedeutet, dass für Heizung, Warmwasser und Kühlung der Energiebedarf auf ein Minimum reduziert, und der noch vorhandene, durch erneuerbare Energiequellen, bestenfalls direkt am Standort oder in Standortnähe, gedeckt wird. [Tuschinski 2010]

Für die europäischen Ziele ergeben sich die ersten drei Punkte aus dem *Grünbuch – Anpassungen an den Klimawandel* (2007) der EU. Aufgrund der Prognosen zum Klimawandel und der angestrebten Beschränkung der Temperaturerhöhung auf maximal 2 % muss, neben der wettbewerbsfähigen Entwicklung alternativer und regenerativer Energiequellen mit geringem CO<sub>2</sub>-Ausstoß, Energie gespart und effizienter genutzt werden. Obwohl die Region Europa im globalen Vergleich schon einen der oberen Ränge hinsichtlich der Energieeffizienz belegt, kann, laut der Kommission der Europäischen Gemeinschaften, der Energieverbrauch der EU bis 2020 gegenüber Referenzprognosen um bis zu 20 % gesenkt werden. Hiermit würde neben der Umweltentlastung auch eine finanzielle Einsparung in Höhe von 60 Mrd. Euro bei den Energieimporten herbeigeführt werden. Die europäische Energiepolitik wird deshalb die drei Hauptziele Nachhaltigkeit, Wettbewerbsfähigkeit und Versorgungssicherheit verfolgen [EU 2006]. Die deutsche Energiepolitik verfolgt mit den Zielen Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltverträglichkeit Ähnliches. Jedoch steckt Deutschland, welches im internationalen Vergleich bezüglich der erreichten Energieeffizienz, aufgrund der nahezu völligen Entkopplung des Energieverbrauchs vom Wirtschaftswachstum, einen Spitzenplatz einnimmt, seine Ziele noch höher. So visiert

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit

die Bundesregierung an, den Energieverbrauch pro Einheit Bruttonationalprodukt bis zum Jahr 2020 gegenüber 1990 zu halbieren. Eine Verdopplung der gesamtwirtschaftlichen Energieproduktivität wird angestrebt [Wolf 2008].

Durch die *Leitmarktinitiative* der EU (2007) wurde nachhaltiges Bauen als ein Teilbereich erkannt, der das Potenzial hat, sein Wirtschaftsvolumen bis 2020 zu verdoppeln. Durch die Zielentwicklung zur Realisierung des nachhaltigen Bauens wurde in der neuen Bauproduktenverordnung, vom EU-Parlament verabschiedet im April 2009, ein neuer *Teil 7 – Sustainable Use of Natural Resources* – aufgenommen. Hiermit sollen den Verbrauchern einheitliche Umweltinformationen gegeben werden und damit Transparenz und Vergleichbarkeit verschiedener Produkte anhand vereinheitlichter Umweltproduktinformationen (Environmental Product Declarations, kurz EPD) ermöglicht werden.

#### Normen zum nachhaltigen Bauen

Durch die Norm ISO 15392:2008 *Sustainability in Building Construction* wird für Nachhaltigkeit ein ganzheitlicher, lebenszyklusbasierter Ansatz mit den Säulen Ökologie, Ökonomie und Soziales vorgegeben.

Auf europäischer Ebene werden Normungsprojekte durchgeführt, die das Nachhaltige Bauen berücksichtigen und fördern sollen, immer mit dem Ziel einer einheitlichen Darstellung von Informationen zur Schaffung von Transparenz.

Die Arbeitsgruppe *Sustainability of Construction Works* im CEN/TC 350 beschäftigt sich hierbei mit der Ausarbeitung einer Methode für die Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten im Neu- und Bestandsbau. Sie vertritt gleichzeitig die europäischen Interessen auf internationaler Ebene im ISO/TC 59/CS 17 *Sustainability in Building Construction* der internationalen Normungsorganisation.

Die neue DIN EN 15643-1:2010 *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden – Teil 1: Allgemeine Rahmenbedingungen*, basiert ebenfalls auf der Annahme der drei Säulen, verbreitert die Perspektive jedoch hinsichtlich weiterer Aspekte wie der Funktionalität, der technischen Qualität und Prozess- oder Planungsqualität. Mit der Festlegung der Anforderungen (entsprechend dem Lastenheft des Auftraggebers und den gesetzlichen Anforderungen) und der Beschreibung dieser Aspekte wird die Basis für die Vergleichbarkeit von Gebäuden geschaffen. Außerdem wird den hohen Qualitätsanforderungen im Planungsprozess und ihrem Einfluss auf die Aspekte der Nachhaltigkeit die entsprechende Bedeutung eingeräumt.

Der zweite Teil der DIN EN 15643-2:2009 *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden – Teil 2: Rahmenbedingungen für die Bewertung der umweltbezogenen Qualität*, geht genauer auf die Anforderungen für die Beschreibung der umweltbezogenen Qualität eines Gebäudes ein. Bisher werden diese Anforderungen noch nicht in der Praxis angewandt und die genaue Umsetzung der Ergebnisse ist noch offen. In [König 2009] werden die internationalen Normungsaktivitäten genauer beschrieben.

2. Klärung zentraler Begriffe

2.2 Nachhaltigkeit

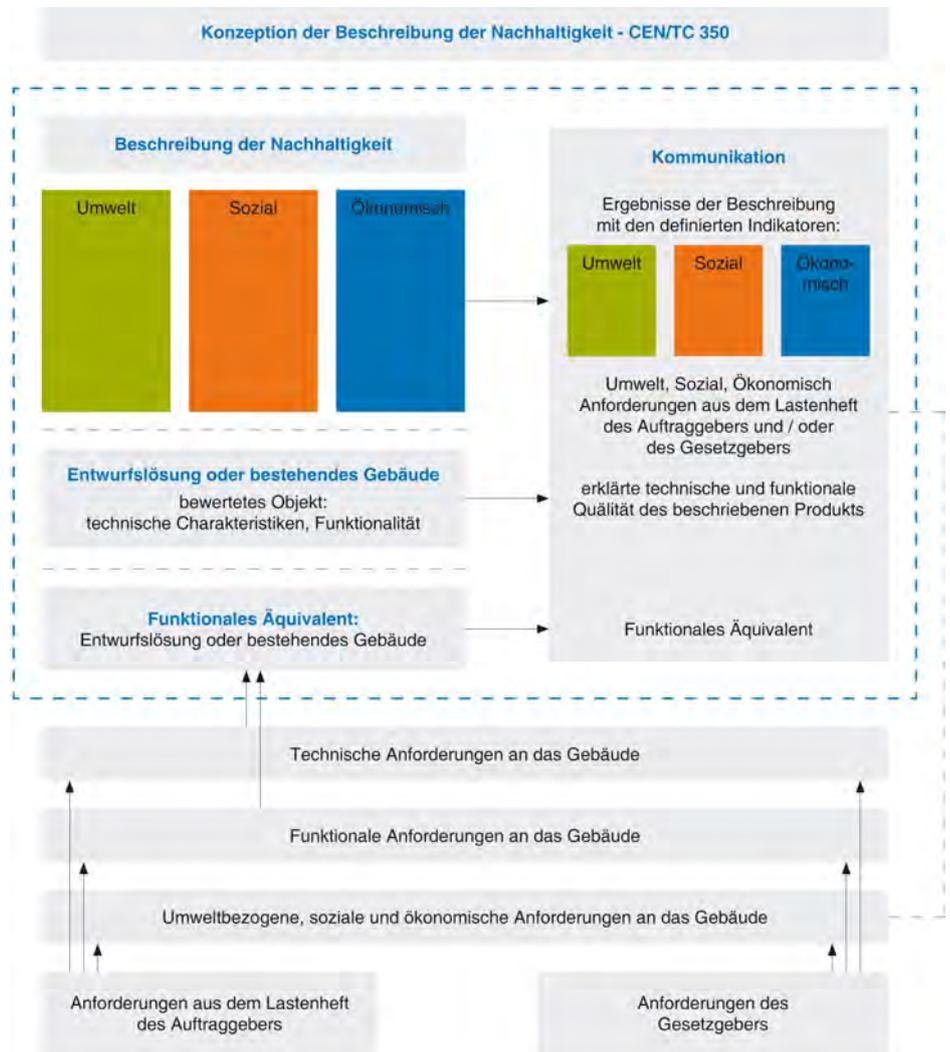


Abbildung 2.2.6: Bausteine der Beschreibung der Nachhaltigkeit nach DIN EN 15643:2010 [Praxischeck 2010]

Das Grünbuch (2007) – Marktwirtschaftliche Instrumente für umweltpolitische und damit verbundene Ziele der EU weist darauf hin, dass ohne Interventionen der öffentlichen Hand und ohne starkes Engagement der einzelnen Beteiligten das Ziel zur Energieeinsparung und Klimapolitik nicht umsetzbar ist. In der EU wird deshalb verstärkt auf ökonomische und marktwirtschaftliche Instrumente wie indirekte Steuern, Emissionsrechtshandel und gezielte Subventionen gesetzt (z.B. KfW-Förderprogramme).

Die verschiedenen Initiativen der EU und auch in Deutschland schließen die gesamte Beschaffung von Produkten oder Dienstleistungen ein. In den vom Umweltbundesamt veröffentlichten Ratgebern für eine umweltfreundliche Beschaffung werden explizit die Beschaffung von Druckern, Papier, Autos, Gebäudereinigung und Bewässerungssysteme im Landschaftsbau besprochen. [Hartmann 2009]

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit

Umsetzungen  
in Deutschland

Für die Umsetzung von Kriterien der Nachhaltigkeit in Bauvorhaben gibt es bereits eine Vielzahl verschiedener Leitfäden und Hilfestellungen. Auf Zertifizierungsmöglichkeiten wird in Kapitel 2.2.3.2 eingegangen.

Seit 2001 gibt es den Leitfaden für nachhaltiges Bauen, der fachlich auf den Schutzziele aufbaut und diese umsetzt. Er wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) erarbeitet. Hier wird nachhaltiges Bauen wie folgt definiert: „Nachhaltiges Bauen strebt für alle Phasen des Lebenszyklus von Gebäuden – von der Planung, der Erstellung über die Nutzung und Erneuerung bis zum Rückbau – eine Minimierung des Verbrauchs von Energie und Ressourcen sowie eine möglichst geringe Belastung des Naturhaushaltes an.“ [BMVBS 2001, Seite 1]. Der Leitfaden wurde in den letzten Jahren grundsätzlich überarbeitet und 2011 erneut herausgegeben. Der aktuelle Leitfaden enthält allgemeine Grundsätze zum nachhaltigen Bauen, auf den Neubau bezogene Planungsgrundlagen und Anforderungen, sowie Anforderungen an „Nutzung und Bewirtschaftung“ [BMVBS 2011].

Im Rahmen des Leitfadens wird das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) erläutert und mit für Bundesbaumaßnahmen bindenden Grenz- und Zielwerten versehen. Vom BMVBS wurde in Zusammenhang mit der Einführung einer freiwilligen Zertifizierung für nachhaltige Gebäude eine Homepage mit aktuellen Unterlagen und Informationen eingerichtet. Diese ist unter [www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de) (Stand Juli 2011) abrufbar. Unter anderem sind hier die vom BMVBS gepflegten Daten zu Umweltprofilen für Baustoffe (ökobau.dat), Datenbanken zu Lebensdauern von Bauteilen und Beurteilung von Baustoffen öffentlich zugänglich. In zahlreichen Forschungsvorhaben werden die Datengrundlagen erweitert. Es sind hier auch alle Leitfäden mit Bezug zu Nachhaltigkeit, Baustoffen und Gebäudedaten, sowie vorbildliche Projekte im Bereich Nachhaltigkeit dargestellt.

Umweltschutz und  
Vergabe

Auch das Vergaberecht hat sich mit der VOB (Ausgabe 2006) weitestgehend für nicht-wirtschaftliche Bestrebungen geöffnet. Das Politikziel Umweltschutz ist somit gegenüber den wirtschaftlichen Politikzielen aufgewertet worden. Konform gehend mit dem Vergaberecht lassen sich umweltrelevante Kriterien wie folgt einbeziehen:

- Beschreibung des Auftragsgegenstandes mit genauen Kriterien, die in Bezug auf Umweltschutz / Nachhaltigkeit erfüllt werden müssen;
- diese Punkte müssen dann in die Leistungsbeschreibung mit einfließen;
- in der Eignungsprüfung können umweltrelevante Aspekte berücksichtigt werden;
- Festlegung der Zuschlagskriterien und Auswahl des wirtschaftlichsten Angebots. „Dabei handelt es sich nicht zwingend um das Angebot mit dem niedrigsten Preis, sondern um dasjenige, das die vom Auftraggeber spätestens in den Verdingungsunterlagen festgelegten Zuschlagskriterien am besten erfüllt. Unter Wirtschaftlichkeit ist dementsprechend die günstigste Relation zwischen der zu erbringenden Leistung und den dafür einzusetzenden Finanzmitteln zu verstehen. Als Zuschlagskriterien kommen daher verschiedene Aspekte in Betracht. Neben Qualität, Preis, technischem Wert, Ästhetik, Zweckmäßigkeit, Betriebskosten, Rentabilität, Kundendienst und technischer Hilfe, Lieferzeitpunkt und Lieferungs- oder Ausführungsfrist gehören dazu auch Umwelteigenschaften und Lebenszykluskosten.“ [UBA 2008, Seite 9].

Aus einer von Mc Kinsey erstellten Studie für das Bundesumweltministerium aus dem Jahr 2008 [Mc Kinsey 2008] geht hervor, dass öffentliche Beschaffung einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann. Sie verfügt über das Potenzial, ökologische Vorreitermärkte zu schaffen, die Energiekosten der öffentlichen Hand zu senken und Emissionen von Treibhausgasen zu reduzieren. Es wurden einige Bereiche herausgearbeitet, die sich effektiv und wirtschaftlich für eine ökologische Beschaffungspolitik eignen. Zu diesen Bereichen zählt der Hochbau der öffentlichen Hand. Dem stehen aber auch eine Reihe von Hemmnissen und Hürden gegenüber: Problematisch für öffentliche Beschaffung ist, dass die Investitionen und die Einsparungen zeitlich auseinanderfallen. Zu einer zeitlichen Differenz zwischen Investitionen und Einsparungen kommt in der öffentlichen Hand noch die Schwierigkeit hinzu, dass die Ausgaben und die Einsparungen oft in verschiedenen Haushaltstiteln anfallen. Ein weiteres Problem entsteht durch die zum Teil fehlende Information der Vergabestellen über Möglichkeiten sowohl der Umsetzung von Energieeinsparungen als auch von Nachhaltigkeitskriterien.

### 2.2.2.3 Lebenszyklusbetrachtung

Für Aspekte der Nachhaltigkeit ist der Lebenszyklus eines Bauwerkes von besonderer Bedeutung. Deshalb wird dieser in der Arbeit genauer betrachtet.

Bisher orientieren sich Bauherren und Planer im Planungs- und Bauablauf hauptsächlich an einer möglichst geringen Höhe der Erstellungskosten. Die später im Betrieb anfallenden Kosten, auf welche die Planung noch großen Einfluss hat, werden nur in den wenigsten Fällen in die Überlegungen einbezogen. Im Sinne langfristiger und zukünftiger Nutzung müssen die Betriebs- und Unterhaltskosten aber berücksichtigt werden. Zur Beachtung der Auswirkungen über den gesamten Lebenszyklus sollten Berechnungen über einen angemessenen Zeitraum (von 50–80 Jahren) angestrebt werden. Die Vorgaben für die Nutzungsphase werden über Annahmen für Kosten, Instandsetzungsintervalle und Energieverbräuche getroffen. Diese können in der Bilanzierung zu Abweichungen führen; vgl. hierzu auch [König 2009]. Grundlagen der Annahmen zu Nutzungsdauern und ökologischen Kennwerten für Ökobilanzen werden in Deutschland vom BMVBS über Forschungsvorhaben erarbeitet und gepflegt. Sie sind auf der Internetseite des BMVBS frei zugänglich.

Neben den Auswirkungen auf die Kosten über den Lebenszyklus haben die gewählte Konstruktionsweise und die Nutzungsphase auch ökologische Auswirkungen. Eine Ökobilanz gibt Auskunft, welche Produkte und Bauweisen die Umwelt am wenigsten belasten. Mit ihr wird ermittelt, welche Umweltbelastungen ein Produkt (hier das Gebäude) hat. Betrachtungen über die Instandhaltungsintervalle, den Austausch von Konstruktionen und den Verbrauch von Energie für die Nutzung und die damit einhergehenden ökologischen Auswirkungen wie CO<sub>2</sub>-Emissionen sind hier zu nennen.

Es ist anzumerken, dass die Objektivierbarkeit der Instandhaltungsintervalle und auch der zu berechnenden ökologischen Auswirkungen nicht immer eindeutig gewährleistet ist. Eine ausführliche und in Deutschland verbindliche Liste mit den anzunehmenden Nutzungsdauern von Bauteilen wurde vom BMVBS erarbeitet und wird nach offizieller Freigabe auf der Internetseite [www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de) veröffentlicht [BMVBS 2010]. Die in der umfangreichen Ökobaudat-Datenbank zusammengefassten Datensätze zur ökologi-

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit

schen Bewertung der einzelnen Baustoffe stellen eine einheitliche Bilanzierungsgrundlage dar. Allerdings bestehen die Datensätze in Teilen aus nicht aktuellem Datenmaterial von Energiekennwerten oder gemittelten Branchenspezifischen Werten zu den einzelnen Baustoffen und erschweren hier eine klare Vergleichbarkeit. Die Problematik der (heutigen) Objektivierbarkeit dieser Daten ist nicht Gegenstand dieser Arbeit.

#### Lebenszyklus eines Gebäudes

Jedes Bauwerk durchläuft den Zyklus der Planung, Erstellung, Nutzung, Sanierung und Um- / Weiternutzung und des Rückbaus. Diesen Zyklus bezeichnet man als den Lebenszyklus einer Immobilie. Die jeweiligen Abschnitte werden mit Lebensphasen benannt.

Die Gliederung und Strukturierung erfolgt in der Literatur mit unterschiedlicher Tiefe. Die hier vorgestellte Gliederung orientiert sich an der Gefma 100-1 (2004): *Facility Management; Grundlagen*. Die Bauwerkserstellung beinhaltet die Phasen der Konzeption und Projektentwicklung sowie der Planung und Erstellung des Bauwerkes. Hierbei zeichnen sich die ersten Phasen von der Konzeption bis zu Planung hauptsächlich durch die „geistige Leistung“ aus, ein neues Gebäude so zu planen und beschreiben, damit das reale Objekt dann in der Erstellungsphase physisch entstehen kann. Mit der Übergabe des Bauwerkes an den Bauherrn / Nutzer wird die Phase abgeschlossen.

Hier beginnt die Nutzungsphase, die sich über einen viel längeren Zeitraum als die Erstellungsphase erstreckt. Diese Phase schließt den Betrieb, den Umbau und Sanierung und auch Leerstand mit ein. In der Nutzungsphase muss die Immobilie zur Sicherstellung des Betriebs und des Wohlbefindens der Nutzer mit Energie, Wärme, Kälte, Wasser und facilitären Dienstleistungen versorgt werden. Außerdem muss die Baukonstruktion und die technische Gebäudeausrüstung durch Instandhaltungsmaßnahmen funktionsfähig gehalten oder erneuert werden. Während der Nutzungsphase können auch Umbau- / Umnutzungs- oder Sanierungsarbeiten anfallen, die sich durch technische Notwendigkeiten, geänderte Anforderungen in Bezug auf Ästhetik oder Wertschöpfung ergeben. Die Unterscheidung der verschiedenen Leistungen erfolgt nach der DIN 32736 (Gebäudemanagement – Begriffe und Leistungen) [Herzog 2005].

Die letzte Phase im Lebenszyklus stellt der Rückbau dar. Hiermit ist die Beseitigung des Bauwerkes durch Abbruch und Entsorgung der Baumassen gemeint. Die komplette Auftrennung des Bauwerkes in seine Bauteile, Bauelemente und Baustoffe und die sortenspezifische Weiterverarbeitung durch gezielte Verwendung, Verwertung oder Beseitigung, wird selektiver Rückbau genannt.

	Phasen im Lebenszyklus						Rückbau
	Erstellung			Nutzung			
nach: Gefma	Konzeption	Planung	Errichtung	Betrieb +	Leerstand	Umbau +	
100-1 (2004)				Nutzung		Sanierung	Verwertung
Anfallende Kosten / Eingang in Einflussvariablen	Erstellungskosten nach DIN 276			Betriebskosten nach DIN 18960	Instandhaltung		Entsorgungskosten

Tabelle 2.2.1: Phasen im Gebäudelebenszyklus und Zuordnung zu den Einflussvariablen

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit

Die Erstellungsphase und auch die Phase des Rückbaus erstrecken sich über einen relativ kurzen Zeitraum. Die Nutzungsphase dehnt sich hingegen über mehrere Jahrzehnte aus. Sie kann in unterschiedlichen Intervallen von Phasen der Instandhaltung unterbrochen werden.

#### Kosten im Lebens- zyklus von Gebäuden

Alle Kosten, die in den Phasen des Lebenszyklus anfallen – von der Erstellung bis zur Verwertung, werden als Lebenszykluskosten bezeichnet. In der Tabelle 2.2.1 ist eine Zuordnung der Phasen zu den anfallenden Kosten in dieser Phase und zu den einzelnen Einflussvariablen im System dargestellt. Die Gliederung der Kosten von Gebäuden erfolgt in Deutschland über die DIN 276 *Kosten im Bauwesen, Teil 1: Hochbau* und DIN 18960 *Nutzungskosten im Hochbau*.

Neben den Herstellungs- und Änderungskosten gehören hierzu auch die Nutzungskosten, Beseitigungskosten und externe Kosten. Externe Kosten sind Kosten, die der Allgemeinheit entstehen und damit von der öffentlichen Hand aus Steuer- bzw. Abgabeeinnahmen bezahlt werden müssen. Hierzu gehören z.B. umweltbezogene Schäden, Erkrankungen z.B. durch das sick-building syndrom, die zu Belastungen des Gesundheitssystems führen.

Life Cycle Costing (LCC – meist übersetzt mit Lebenszykluskostenanalyse) ist eine Methode zur Optimierung von Systemen und hat das Ziel, die gesamten Kosten über den ganzen Lebenszyklus zu erfassen, zu analysieren und zu optimieren. „Ziel des Konzepts ist die aktive Gestaltung der Entscheidungsvariablen Leistung, Zeit und Kosten. Die Lebenszykluskostenrechnung im engeren Sinn konzentriert sich auf die Erfassung der über die Lebensdauer eines Systems anfallenden Kosten zur Überprüfung und Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, wohingegen das LCC, im weiteren Sinn die Erfolgsvariablen (z.B. Erlös) in die Betrachtung integriert, um Aussagen über die Rentabilität des Systems zu treffen.“ [Herzog 2005, Seite 18].

Die Beeinflussung der Kriterien zur Verwirklichung von nachhaltigem Bauen ist zu Beginn der Planungsphase und bis hin zur endgültigen Festlegung der Baumaterialien am größten. Die Auswahl der Materialien und erforderlichen Produkteigenschaften richtet sich nach den im Vorfeld definierten Anforderungen an Gebäude. Je genauer diese Anforderungen definiert werden und je präziser die Festlegung auf ein Qualitätsniveau seitens der Bauherren ist, desto genauer kann darauf eingegangen werden.

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit

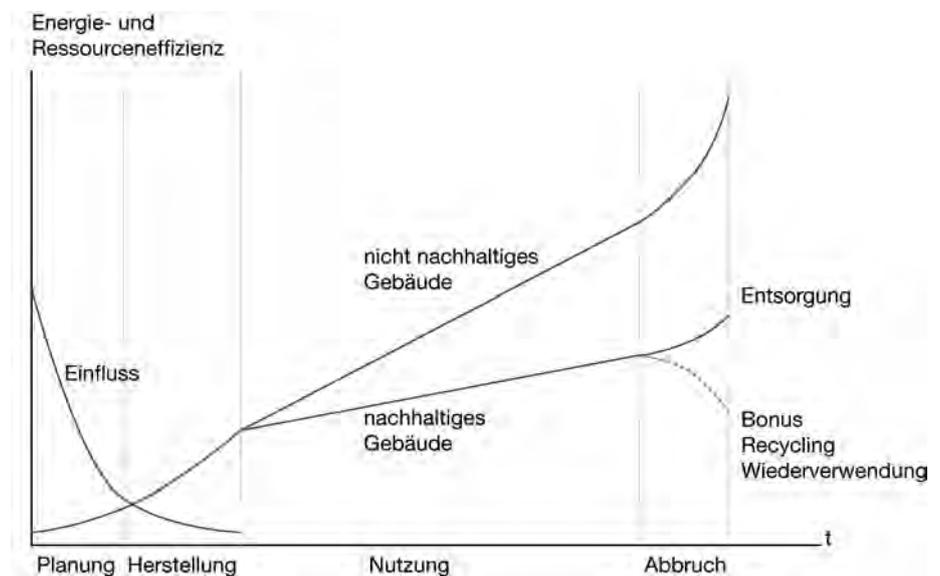


Abbildung 2.2.7:  
Beeinflussbarkeit von Kosten sowie nachhaltigen Gebäudeeigenschaften und Erkennbarkeit der Kosten/nachhaltigen Gebäudeeigenschaften über den gesamten Lebenszyklus gesehen.

#### Aktuelle Baupraxis

In der Praxis werden noch immer fast ausschließlich die Erstellungskosten betrachtet und es wird versucht diese zu optimieren. Dabei können oft geringe Mehrkosten eine dauerhafte Verringerung der Nutzungskosten zur Folge haben. In einer Betrachtung unter nachhaltigen Gesichtspunkten sollen die Lebenszykluskosten der Baukonstruktionen minimiert werden.

Die Lebenszykluskostenanalyse unter nachhaltigen Gesichtspunkten dient der Gegenüberstellung von unterschiedlichen Alternativen. Mit der Lebenszyklusanalyse (LCA) können Konstruktionen auf potenzielle ökologische Belastungen und Auswirkungen eines Gebäudes hin bewertet werden. Es existieren einige computergestützte Programme, die sowohl ein LCA als auch eine LCC berechnen können. Als Beispiele sollen hier die integrale Planungssoftware Legep [Legep 2011] für LCA und LCC Berechnungen oder Gabi-built it [Gabi 2011] für LCA Berechnungen erwähnt werden.

Betrachtet man die Kosten von Gebäuden über den gesamten Lebenszyklus, so wird deutlich, dass die Erstellungs- und Folgekosten nicht unabhängig voneinander sind. Während die Betriebskosten von der Nutzungsintensität und der energetischen Auslegung abhängig sind, werden die Instandhaltungskosten hauptsächlich über die konstruktive Gestaltung bestimmt (Dauerhaftigkeit der Bauteile, Trennbarkeit der Konstruktion). D.h. mit der Wahl der Baukonstruktion und deren Detaillierung / Materialisierung in der Planungsphase werden die technische Lebensdauer der Gesamtkonstruktion bestimmt und auch die Instandhaltungszyklen festgelegt. Aus dem Alterungsverhalten der einzelnen Bauteile ergeben sich die Instandhaltungskosten, die zusätzlich abhängig sind von dem Qualitätsstandard der Ausführung. Dies bedeutet, dass die kostenrelevanten Entscheidungen, die die spätere Nutzung und deren Kosten beeinflussen, schon in dem Stadium der Planung festgelegt werden. Siehe hierzu Abbildung 2.2.7 Beeinflussbarkeit von Kosten.

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit

In Facility Management verwandten Bereichen hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass die Optimierung der Erstellungskosten für eine nachhaltige Entwicklung beim Bauen nicht ausreicht. Es ist wichtiger, die Betriebskosten in der gesamten (voraussichtlichen) Phase der Nutzung mit in der Planung zu berücksichtigen, da die Betriebskosten mehr als 80 % der anfallenden Gesamtkosten ausmachen. Untersuchungen haben ergeben, dass nur ein Bruchteil der Kosten, die eine Liegenschaft während ihres gesamten Lebenszyklus verursacht, in der Erstellungsphase entsteht. Der weitaus größte Teil, in der Regel zwischen 80 % und 90 % der Kosten, entsteht in der Nutzungsphase. Das Facility Management geht hierbei davon aus, dass eine Erhöhung der Investitionskosten durchaus gerechtfertigt ist, wenn dadurch die Kosten in der Nutzungsphase gesenkt werden können [Ehrenheim 2003].

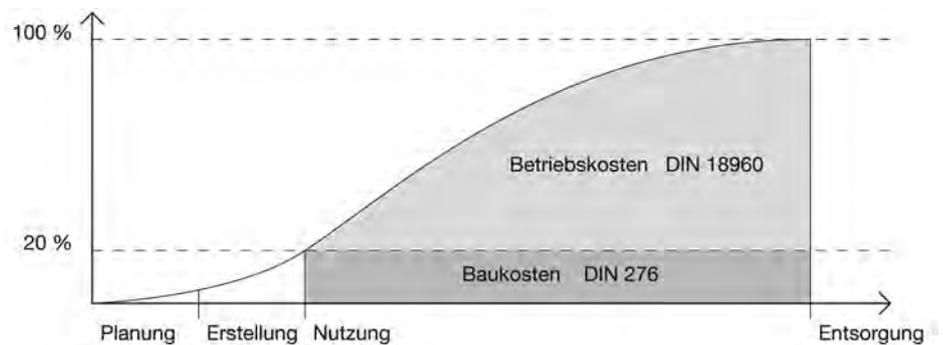


Abbildung 2.2.8:  
Kosten einer Immobilie über die verschiedenen Phasen des Lebenszyklus

#### Schwierigkeiten in der Anwendung

Die Lebenszykluskostenrechnung fordert somit, dass die Kosten nicht in den einzelnen Phasen zu optimieren sind, sondern über die Dauer des Lebenszyklus. Obwohl diese Vorgehensweise sinnvoll erscheint, gibt es jedoch einige Gründe, warum die Akzeptanz für dieses Vorgehen momentan noch relativ gering ist. Wenn eine andere Wirtschaftseinheit für das Errichten der Liegenschaft verantwortlich ist als die später Betreibende, entsteht häufig eine Gleichgültigkeit bezüglich der Lebenszykluskostenoptimierung. Forciert werden niedrige Investitionskosten. Die späteren Betriebskosten zahlt dann der Nutzer und er hat keine Chance, sich dagegen zu wehren, außer durch Auszug bzw. Nicht-Anmietung. Der Investor möchte ein Ansteigen der Investitionskosten auf alle Fälle vermeiden, er wählt die Variante der niedrigsten Kosten [Ehrenheim 2003].

Die Schwierigkeiten entstehen dadurch, dass der Nutzer meist nicht der Auftraggeber ist. Bei öffentlichen Gebäuden fällt dieses Problem nicht so entscheidend ins Gewicht, da der Staat im Prinzip Auftraggeber und Nutzer ist. Wie aber in der in Kapitel 2.2.3.1 erwähnten Mc Kinsey Studie (2008) gezeigt wurde, entsteht auch hier in der Praxis eine Trennung von Erstellungs- und Betriebskosten. Dadurch wird auch in öffentlichen Gebäuden meist eine Optimierung auf Lebenszykluskosten verhindert. Durch die Einhaltung der Mindestanforderungen der EnEV werden die laufenden Energiekosten immer weiter eingeschränkt. Für eine Lebenszykluskostenrechnung müssen allerdings auch die Bereiche von der Wahl des Grundstückes bis zum Rückbau und der Recyclingfähigkeit der Bauprodukte bedacht werden.

Es ist aber anzumerken, dass durch die lange Betriebsphase von Gebäuden für die Ermittlung von Betriebskosten Unsicherheiten bestehen. In [König 2009] ist kritisch angemerkt, unter welchen Bedingungen eine Einbeziehung von Betriebskosten in eine ganzheitliche Kostenberechnung über den Lebenszyklus umgesetzt werden kann. Wichtig ist es Randbedingungen (u.a. für Nutzungsdauern von Bauteilen, gewählte Instandhaltungsstrategien) festzulegen und transparent darzustellen. Ansonsten ist eine Vergleichbarkeit nicht mehr gegeben. Auch der für die Betriebsphase vorhandene / festgelegte Diskontierungssatz von Zahlungen spielt bei der Gegenüberstellung von Erstellungs- und Betriebskosten eine Rolle, siehe hierzu [König 2009, Seite 62].

#### 2.2.2.4 Ökobilanzierung

In einer Ökobilanz werden die potenziellen ökologischen Auswirkungen eines Produktes, eines Verfahrens oder einer Dienstleistung während des gesamten Lebensweges erfasst. Dabei auftretende Umwelteinwirkungen werden quantifiziert und hinsichtlich ihrer Umweltrelevanz beurteilt. Ein System kann hierbei ein Produkt, ein Prozess, eine Dienstleistung oder Ähnliches sein. Mit diesem Ansatz wird die Problemverlagerung von Auswirkungen auf andere Bereiche einbezogen.

Die Erstellung einer solchen Bilanz ist in den Normen DIN EN ISO 14040:2009 *Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen* und DIN EN ISO 14044:2006: *Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen* geregelt.

Eine Ökobilanz gliedert sich demnach in folgende vier Schritte:

1. Festlegen von Ziel und Untersuchungsrahmen
2. Erstellen der Sachbilanz
3. Wirkungsabschätzung
4. Interpretation und Auswertung der Resultate.

Durch die Zieldefinition wird angegeben, welche Art von Studie durchgeführt wird. Dies kann z.B. eine Schwachstellenanalyse eines Systems oder ein Vergleich zweier Systeme sein. Mit dem Untersuchungsrahmen werden die Systemgrenzen und die funktionelle Einheit, sprich die Vergleichsbasis definiert.

Die Systemgrenzen legen fest, welche Prozesse des betrachteten Systems mit bilanziert werden und welche keine Beachtung finden.

In der Sachbilanz werden die Stoff- und Energieflüsse für alle stattfindenden Prozesse eines Systems analysiert. Diese Stoff- und Energieflüsse unterteilen sich in Zuflüsse bzw. Inputs und Abflüsse bzw. Outputs und sind in den meisten Fällen direkt quantifizierbar. Fehlen hierfür z.B. firmeneigene Daten, wird auf Basisdaten zurückgegriffen und diese verknüpft. Zu den Inputs für die Bewertung eines Gebäudes gehören der Rohstoff- und Energiebedarf sowie der Flächenverbrauch und zu den Outputs gehören neben dem Produkt, sämtliche Emissionen in Luft, Wasser und Boden, sowie die im Prozess verursachten Abfälle.

Bei der Wirkungsabschätzung werden nun jedem In- und Output Wirkungen auf die Umwelt zugeschrieben, die dann zur Wertung und Gewichtung verwendet werden. Ziel ist es, die Relevanz der verschiedenen Einwirkungen auf die Umwelt zu bestimmen. Zur besseren Überschaubarkeit sämtlicher

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit

Wechselwirkungen mit der Umwelt werden diese mit verschiedenen Bewertungsmethoden zu unterschiedlichen Bewertungskriterien zusammengefasst. [DIN 14040] In Abbildung 2.1.8 ist dieses Vorgehen schematisiert für ein Gebäude dargestellt.

Mit der Ökobilanzierung lassen sich aber weder die Wirkung der Schadstoffe in Innenräumen von Gebäuden auf die Benutzer noch die Risiken in der Nutzung von z.B. Kernenergie bewerten; siehe hierzu auch [König 2009].

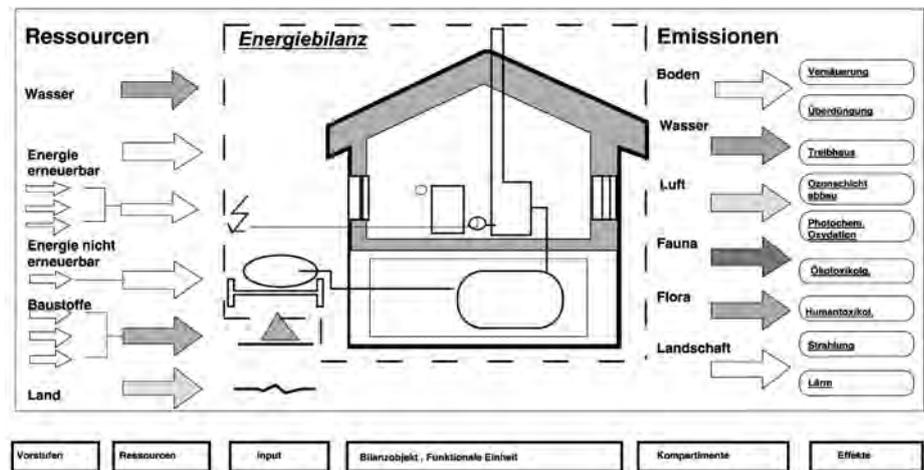


Abbildung 2.2.9:  
Stoff- und Energieströme während des Lebenszyklus eines Gebäudes  
[Wolf 2008, Seite 15]

### Optimierung im Lebenszyklus

Eine Optimierung sämtlicher Einflussfaktoren über den gesamten Lebenszyklus einer Immobilie von der Rohstoffgewinnung, Errichtung, Nutzung, Instandsetzung, Modernisierung bis zu Abriss und Recycling ist anzustreben. Der Dauerhaftigkeit der Gebäude (Möglichkeit der Mehrfachnutzung) und der einzelnen Baustoffe kommt daher eine wichtige Rolle zu. Als Einflussvariablen kommen in der vorliegenden Arbeit der stoffliche Verbrauch als Summe aller Inputs (aus der Umwelt entnommener Stoffe) und die Umweltwirkungen (Outputs) als Zusammenfassung aller Einwirkungen auf die Umwelt zum Tragen. Beide Ströme werden für Gebäude über eine Ökobilanz erfasst und abgebildet. Zusätzlich wird die Einflussvariable Dauerhaftigkeit von Konstruktionen und Bauteilen eingeführt. Diese fasst die Optimierung von Lebensdauern von Bauteilen, die Austauschbarkeit und Trennbarkeit einzelner Schichten zusammen.

Bei der Ökobilanzierung von Gebäuden ist die eindeutige Festlegung der funktionellen Einheit von großer Bedeutung. Hierfür ist eine genaue Beschreibung der Funktion, Bauweise und Nutzung nötig.

### 2.2.3 Umsetzung in der Baupraxis

#### 2.2.3.1 Aktueller Stand

Der gesamte Themenkomplex Nachhaltigkeit findet erst seit kurzem aktiv Eingang in die Bauwirtschaft. Theoretisch ist das Thema weitläufig beschrieben und von vielen Seiten beleuchtet. In der praktischen Umsetzung besteht in vielen Bereichen allerdings erheblicher Nachholbedarf.

Die Einbeziehung von Nachhaltigkeitskriterien spielt im Baualltag heute noch eine untergeordnete Rolle. „Auch wenn in diversen Umfragen die Bereitschaft ökologisch oder gar nachhaltig zu handeln in der Bevölkerung als recht hoch angegeben wird, so weicht das reale Handeln in der Praxis davon (bisher) deutlich ab.“ [Wallbaum 2009, Seite 294].

In den verschiedenen Abteilungen der öffentlichen Bauverwaltung muss sich die Umsetzung der aktuellen Rechtsprechung, durch die eine Berücksichtigung umweltrelevanter Aspekte im Vergabeprozess möglich wurde, noch durchsetzen. Über Jahrzehnte eingespielte Vorgehensweisen müssen der aktuellen Situation angepasst werden. Meist herrscht bei der Überführung von Zielen der Nachhaltigkeit in konkrete Maßnahmen keine Einigkeit über eine sinnvolle Umsetzung. Beim Bauen wird als Auswahlkriterium immer noch fast ausschließlich die Höhe der Erstellungskosten zur Entscheidung für eine ausführende Firma herangezogen. Nachhaltigkeit und Qualität spielen dabei eine eher untergeordnete Rolle.

Die öffentliche Beschaffung ist an das Vergaberecht gebunden, siehe hierzu auch Kapitel 2.2.2.2. Noch immer werden Umweltaspekte hier als „vergabefremde Aspekte“ dargestellt, obwohl die grundsätzliche vergaberechtliche Zulässigkeit der Einbeziehung von Umweltkriterien in die öffentliche Auftragsvergabe mittlerweile eindeutig festgestellt wurde. Diese veränderte Rechtslage hat sich allerdings noch nicht auf allen Ebenen der öffentlichen Beschaffung durchgesetzt. [UBA 2010]

Sollen ökologische Anforderungen und Qualitätskriterien ausgeschrieben werden, können diese unter anderem in Form zusätzlicher technischer Vorbemerkungen, in die Leistungsverzeichnisse für die jeweiligen Gewerke aufgenommen und dadurch bei der Vergabe der Leistungen berücksichtigt werden.

Umweltgerechte  
Vergabe

In der erläuternden Mitteilung der Europäischen Kommission über die Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Vergabe öffentlicher Aufträge vom 4. Juli 2001 sind verschiedene Möglichkeiten dargestellt, wie umweltgerechte Vergaben vollzogen werden können:

- bei der Definition des Auftragsgegenstandes (z.B. Gebäude mit Sonnenkollektoren),
- Festlegung der technischen Spezifikationen, durch Vorgabe von Grundstoffen (z.B. Fensterrahmen aus Holz) etc.,
- Verwendung von Umweltzeichen als technische Spezifikation unter Zulassung anderer Beweismittel,
- Zulassung von Varianten mit höherer Umweltverträglichkeit. [BMWi 2010]

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit

Eine Studie von Mc Kinsey [Mc Kinsey 2008] weist darauf hin, dass die Investitionen und Einsparungen oft zeitlich auseinanderfallen. Zugleich verteilen sie sich auf verschiedene Institutionen, und damit Haushaltstitel. Dadurch fällt der Anreiz zu größeren Ausgaben für die investierende Seite aus. Denn ein Abgleich zwischen den Haushaltstiteln findet bis jetzt nicht statt. Da die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit über den gesamten Lebenszyklus eines Produktes noch nicht weit verbreitet ist, wird oft das billigste Angebot ausgewählt, was nicht zwingend das wirtschaftlichste Angebot ist. Es können aber in der Leistungsbeschreibung eines Angebotes die Lebenszykluskosten als Kriterium festgelegt werden [Hartmann 2009].

#### Vergabepaxis

Auch die am Bau beteiligten Planer, Ingenieure und Firmen haben mit Schwierigkeiten zu kämpfen. Wenn sie Nachhaltigkeitsaspekte in ihre Planung einfließen lassen wollen, sind sie meist durch die Ausschreibungs- und Vergabepaxis daran gebunden, den billigsten Bieter auszuwählen. Dadurch werden die Qualitätsprobleme und spätere Betriebskosten nicht berücksichtigt. Zusätzlich können innovative Bauprodukte, die Vorteile über den gesamten Lebenszyklus aufweisen, im herkömmlichen Vergabeprozess nicht ihre Möglichkeiten ausspielen. Sie scheitern immer wieder am reinen Preiswettbewerb. Auch ausführende Firmen haben im Preiswettbewerb nur selten die Möglichkeit innovative Produktlösungen oder Sondervorschläge aufzuzeigen. All dies führt zu einem Gebäude, bei dem der Bauherr sowie sein Nutzer um die langfristig wirtschaftlichste Lösung gebracht wird. Siehe hierzu auch Forschungsvorhaben: Lebenszyklusorientierte Ausschreibung und Vergabe im Hochbau [Balck 2007].

In einer Analyse der TU Graz zum Themenbereich Nachhaltigkeit aus dem Jahre 2009 mit Befragung einer großen Zahl von am Bau beteiligten Parteien geht hervor, dass zur Zeit Nachhaltigkeit meist auf die Begriffe Energieeffizienz, Ökologie und Lebenszyklusbetrachtung reduziert wird. Themen wie Langlebigkeit und Qualität, und besonders Gestaltung und Konstruktion werden nur vereinzelt dazu gezählt.

Mit welchen Begriffen die Befragungsteilnehmer das Thema „Nachhaltiges Bauen“ eingrenzen (in %) ist in der folgenden Grafik aus der Studie von [Meckmann 2009, Seite 19] dargestellt.

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit

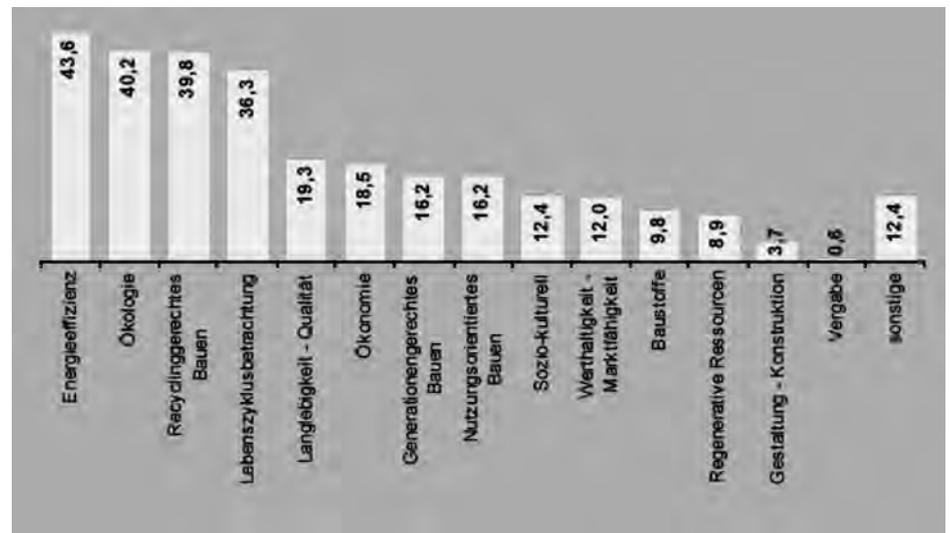


Abbildung 2.2.10:  
Auswertung aus Studie [Meckmann 2009, Seite 19]

Die Erkenntnis, dass zu einer nachhaltigen Betrachtung auch sozio-kulturelle und ökonomische Bereiche und funktionale Qualität sowie Prozessqualität einzubeziehen sind, wird von den meisten am Bau Beteiligten noch nicht wahrgenommen. Gleichzeitig wird aber von den am Bauprozess Beteiligten erwartet, dass es einen Trend hin zu mehr Qualität geben wird. Dem Bauherren wird der Studie zufolge der größte Einfluss auf ein nachhaltiges Bauen zugeschrieben [Meckmann 2009].

#### 2.2.3.2 Zertifizierung von Nachhaltigkeit

Zur Bewertung von nachhaltigen Gebäuden wurden in einzelnen Ländern verschiedene Bewertungssysteme entwickelt. Am bekanntesten sind hierbei LEED aus den USA und BREEAM aus Großbritannien. In Deutschland ist seit 2009 das vom BMVBS und der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) entwickelte Zertifizierungssystem auf dem Markt. Nach der ersten gemeinsamen Entwicklung für die Zertifizierung im Büro / Verwaltungsneubau, wird von beiden Seiten nun die Übertragung auf weitere Bautypen unabhängig weiterentwickelt. Das System vom BMVBS ist unter dem Namen BNB – Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen bekannt und inzwischen für Bundesbauten verpflichtend.

Die Systeme zur Zertifizierung von Nachhaltigkeit in Deutschland beruhen unter anderem auf der Bewertung mit einer Ökobilanz und einer Lebenszykluskostenrechnung. Der Bewertungsrahmen der Systeme ist konform zur europäischen DIN EN 15643:2010.

Das deutsche System konkurriert mit den bereits international bestehenden Zertifizierungssystemen und unterscheidet sich von den anderen Zertifikaten in verschiedenen Bereichen:

- Die ökonomischen und sozio-kulturellen Bereiche der Nachhaltigkeit werden in die Bewertung miteinbezogen und sind gleichwertig mit ökologischen Kriterien gewichtet.

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit

- Methoden wie die Ökobilanzierung und die Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus werden hier erstmals einbezogen.
- Die gesamte Bewertung ist im deutschen System zieleorientiert und nicht maßnahmenorientiert ausgerichtet, d.h. wichtig ist die Erreichung eines bestimmten Zieles, der Weg dorthin ist nicht durch genaues Abarbeiten von Maßnahmen festgelegt.

#### Nachhaltigkeitszertifizierung in Deutschland

Als Grundlage für die Kriterien der Nachhaltigkeitszertifizierung in Deutschland dienen die Ergebnisse des Runden Tisches Nachhaltiges Bauen im BMVBS. Zusätzlich wurden die aktuellen Normierungsarbeiten im Bereich der Nachhaltigkeit und Umweltdeklarationen miteinbezogen. Die einzelnen Kriterien wurden von Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft in Steckbriefen beschrieben und eine Bewertungsmethode hierzu entwickelt. Die Kriteriensteckbriefe lassen sich in Schutzziele und Schutzgütern zusammenfassen, die dem seit Ende der 90er Jahre entwickelten Drei-Säulenmodell entsprechen.

Eine Erörterung über die Gewichtung der Säulen untereinander und die Einbeziehung der zwei Querschnittsqualitäten (technische und funktionale Qualität) sind nicht Thema der Arbeit.

Schutzgüter	Natürliche Umwelt	Natürliche Ressourcen	Ökonomische Werte	Soziale und kulturelle Werte	Gesundheit
Schutzziele	Schutz der natürlichen Umwelt		Senkung der lebenszykluskosten	Sicherung von Gesundheit / Behaglichkeit in Gebäuden	
	Schonung der natürlichen Ressourcen		Erhalt ökonomischer Werte	Menschengerechtes Umfeld / Erhaltung sozialer und kultureller Werte	

Abbildung 2.2.11: DGNB-Schutzziele und Schutzgüter als Grundlage des Bewertungssystems Neubau Verwaltung 2009 für DGNB und BNB

Das Ziel dieser Bewertungsmethode für das Bauen von heute wird wie folgt beschrieben: „Das Ziel von nachhaltigem Bauen ist vor allem Qualität – und dies in einer umfassenden Perspektive. So sind nachhaltige Gebäude wirtschaftlich effizient, umweltfreundlich und ressourcensparend. Sie sind für ihre Nutzer behaglich und gesund, und sie fügen sich optimal in ihr sozio-kulturelles Umfeld ein. Damit behalten nachhaltige Gebäude langfristig ihren hohen Wert – für Investoren, Eigentümer und Nutzer gleichermaßen. Dieser langfristige Nutzen ist für alle Beteiligten von großer Bedeutung, da sich die Rahmenbedingungen der Bauwirtschaft künftig stark wandeln.“

Rund ein Drittel des Ressourcenverbrauchs in Deutschland gehen allein auf das Konto von Gebäuden; im gleichen Maße gilt dies für CO<sub>2</sub>-Emissionen, Abfallaufkommen etc. Angesichts von Klimaschutzziele und Ressourcenverknappung werden gesetzliche und normative Vorgaben weltweit deutlich

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.2 Nachhaltigkeit

zunehmen. Vor diesem Hintergrund zielt nachhaltiges Bauen einerseits auf eine hohe Qualität und Werthaltigkeit von Gebäuden und stellt sich andererseits vorsorgend auf künftige Entwicklungen ein. Vor allem aber entlastet es die Umwelt, sorgt für gesellschaftlichen Nutzen und unterstützt die Wirtschaft.“ [DGNB 2010].

Das gesamte System mit seinen zurzeit rund 48 aktiven Einzelkriterien ist bei der Durchführung einer Zertifizierung im Bereich eines größeren Bürogebäudes mit zusätzlichen Kosten (die Begleitung durch den Auditor, zusätzlich anfallende Nachweise und Messungen und für die Zertifizierungsgebühr der DGNB) von ca. 50.000 € verbunden. Es ist als Marketinginstrument für Investoren und Bauherren gut geeignet und wird die Nachhaltigkeit von Bauten sicherlich langfristig beeinflussen. [Praxischeck 2010, Seite 18] Andererseits ist kritisch zu hinterfragen, ob eine Abarbeitung der Zertifizierungskriterien alleine ausreicht, um nachhaltige Gebäude zu erhalten. Nachhaltigkeit im Baubereich darf nicht per se Geld kosten, sondern muss helfen durch sinnvolle, frühzeitige Planung Gebäude so auszurichten, dass sie lange ihre Funktion erfüllen können.

### 2.3.1 Allgemeine Begriffsklärung

#### 2.3.1.1 Verwendung des Begriffs

Der Begriff Qualität kommt aus dem Lateinischen (*qualitas*) und bedeutet die Güte, Wertstufe, Beschaffenheit, Eigenschaft einer Sache und wird oft im Gegensatz zu Quantität verwendet [dtv 1980]. Damit bezeichnet der Begriff einen wahrnehmbaren Zustand einer Sache oder eines Systems, der in einem bestimmten Zeitintervall für diese Sache oder dieses System bestimmt wurde. Qualität kann sich sowohl auf ein Produkt als auch auf einen Prozess beziehen.

Qualität ist ein im Umgangssprachlichen vielfach verwendeter, aber nicht eindeutig definierter Begriff. Er lässt verschiedene Interpretationen zu und wird, je nach Zusammenhang, anders verstanden. Die Qualität einer Sache wird von verschiedenen Personen unterschiedlich wahrgenommen. Auf Grund der nicht eindeutigen Festlegung des Begriffs kommt es im allgemeinen Sprachgebrauch oft zu Unklarheiten oder Meinungsverschiedenheiten. Eigentlich beinhaltet die Bezeichnung von Qualität keine Bewertung. Oft wird der Begriff allerdings im Alltag dem Begriff Quantität gegenübergestellt und drückt dabei die Güte einer Sache aus. Die Benennung der Qualität wird dann mit zusätzlichen Adjektiven wie sehr gut oder schlecht verwendet. Hiermit ist im subjektiven Kundenverständnis gemeint, dass eine Sache den individuell vorausgesetzten Eigenschaften entspricht oder nicht entspricht. Da individuelle Eigenschaften aber von verschiedenen Personen unterschiedlich beurteilt werden können, kann eine Messbarkeit nur da erfolgen, wo eindeutige technische Bewertungen oder Vereinbarungen vorgegeben sind.

Qualität als  
Wertmaßstab

In unserem Alltag hat sich Qualität als ein Wertmaßstab etabliert, der die Zweckangemessenheit (Erfüllung der vorausgesetzten oder vereinbarten Eigenschaften) eines Produktes, einer Dienstleistung oder eines Prozesses zum Ausdruck bringt. Eine Annäherung an den Begriff erfolgt durch die kurze Definition „Qualität ist die Einhaltung vereinbarter Eigenschaften“ [Winter 2010]. Diese „Einhaltung vereinbarter Eigenschaften“ kann in unterschiedlichen Abstufungen (Qualitätsniveaus) erfolgen.

#### 2.3.1.2 Normativer Bezug

In der DIN EN ISO 9000:2005 *Qualitätsmanagementsysteme. Grundlagen und Begriffe*, welche die aktuell gültige Definition von Qualität enthält, wird Qualität definiert als: „Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt.“ Inhärent bedeutet hier dem Produkt oder der Einheit innewohnend. Anforderungen sind Erfordernisse an die Sache, die „üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend sind“. Damit bedeutet die Qualität einer Sache, dass die Qualität bestimmte Eigenschaften hat, die den von Kunden, interessierten Kreisen oder in Dokumenten (selbst) festgelegten Erfordernissen entsprechen. Die Formulierung in der ISO 9000 ist für die alltägliche Umsetzung schwer zu verstehen, beinhaltet aber den Qualitätsbegriff in seiner ganzen Vielschichtigkeit und Komplexität [Kamiske 2008].

Frühere Formulierungen der Qualität in der DIN EN ISO 8402:1995 *Qualitätsmanagementsysteme. Begriffe* haben diese als „Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen“ definiert. [ISO 8402]. Damit hat sich der Qualitätsbegriff von einer Definition von Eigenschaften eines Produktes oder einer Dienst-

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.3 (Bau-)qualität

leistung hin zu einem umfassenderen Begriff gewandelt. Kundenanforderungen, aber auch interessierte Kreise, die Öffentlichkeit oder die Prozesse und Schnittstellen eines Unternehmens können damit beurteilt werden.

#### 2.3.1.3 Systeme der Qualitätsumsetzung

In der systematischen Umsetzung des Qualitätsgedankens wird in diesem Abschnitt auf das Qualitätsmanagement, die Darlegung des Begriffs nach Garvin und die Übertragung auf die Bauwirtschaft eingegangen.

#### Qualitätsmanagement

Qualitätsmanagement ist die Summe aller Tätigkeiten und Maßnahmen, die nötig sind um Qualität zu erzeugen. Das Qualitätsmanagement entstand aus der Feststellung, dass im Vorfeld der Dienstleistungserbringung die meisten Fehler gemacht werden. Durch klare Zuständigkeiten, systematisches Lernen aus Fehlern, spezifische Checklisten und ständigem Verbesserungsprozess können die Fehlerquellen minimiert werden. Qualitätsmanagement ist daher eine Führungsmethode einer Organisation, die Qualität in den Mittelpunkt stellt und auf Zufriedenstellung der Kunden, langfristigen Geschäftserfolg und Nutzen für die Organisation und für die Gesellschaft abzielt [Jungwirth 1996].

Crosby, mit Deming der amerikanische Vordenker des Qualitätsmanagements [DGQ 2004], definiert Qualität durch die vier Grundsätze der Qualität:

- die Übereinstimmung mit den Anforderungen,
- das Prinzip der Vorbeugung,
- die Erreichung des Null-Fehler-Prinzips,
- die Betrachtung der Qualitätskosten als Kosten für Nichterfüllung der Anforderungen.

Er prägte die Auffassung, dass Qualität eine Verantwortung des Managements ist [Crosby].

Der Anspruch des Qualitätsmanagements ist die präventive Fehlerbekämpfung (Vorbeugemaßnahmen). Dies führt zu verstärkten fehlervermeidenden Maßnahmen mit dem Ziel die Fehlerkosten insgesamt zu senken. Hierzu ist es wichtig, verstärkt auch die Fähigkeiten der Mitarbeiter einzubeziehen und weiterzubilden, sowie Maßnahmen der Optimierung des Betriebsklimas zu verwirklichen. Denn Qualität hängt immer auch von den einzelnen Personen und dem Umfeld ab. Motivation der Mitarbeiter ist hierfür unerlässlich. Qualitätsmanagement ist deshalb mehr als die Absicherung von Produktqualität, welche mit Qualitätssicherung bezeichnet wird. Es geht darum, dass die Arbeitsabläufe und Prozesse so konzipiert sind, dass Qualitätsziele und fehlerfreie Produkte erzeugt werden können.

Die QM-Führung in Unternehmen und die ISO 9001 können als organisatorisches Mittel gelten, die Produktqualität besser abzusichern. Die ISO 9001 hat sich als Norm zur branchenübergreifenden Steigerung der Verfahrensqualität etabliert. Dabei wird hier nicht die Produktqualität verbessert, sondern sie ist ein organisatorisches Mittel um die Produktqualität besser abzusichern. Durch die klare Regelung von Abläufen, Verantwortungen und Informationsflüssen zu internen und externen Stellen können die Arbeitsabläufe gut organisiert werden und damit die Qualität der Arbeitsergebnisse gesichert werden.

**2. Klärung zentraler Begriffe**

**2.3 (Bau-)qualität**

Um eine Umsetzung des Qualitätsgedankens in Unternehmen und Produkten zu erreichen, wurden die verschiedensten Qualitätswerkzeuge entwickelt, siehe hierzu [DGQ 2004] und [Kamiske 2008].

Der Qualitätsbegriff nach Garvin

Zur pragmatischen Umsetzung des Qualitätsbegriffes hat der Amerikaner Garvin acht Dimensionen der Produktqualität eingeführt [Garvin 1984], „die als Zerlegung des Qualitätsbegriffs in handhabbare Einheiten zu verstehen sind“ [Kamiske 2008, Seite 179]. Diese sind Gebrauchsnutzen, Ausstattung, Kundendienst, Zuverlässigkeit, Haltbarkeit, Normkonformität, Ästhetik und wahrgenommene Qualität. Bei Garvin werden die Merkmale ausdrücklich auf Produkte und Dienstleistungen bezogen [Kamiske 2008].

Bezug zur Bauwirtschaft

In der Bearbeitung von Trost [Trost 2006] wurden diese Merkmale auf den Baubereich übertragen und festgestellt, dass Bauqualität am fertigen Produkt (Bauwerk), sowie beim Prozess der Bauwerkserstellung gemessen werden muss. Die Merkmale hierzu sind in Tabelle 2.3.1 dargestellt.

Konkrete Qualitätsmerkmale	Acht Dimensionen der Produktqualität nach Garvin	Übertragung der Dimensionen auf den Baubereich nach Trost
	Gebrauchsnutzen	Erfüllung der primären Funktionen des Gutes, Einfache Nutzung, Bedienung und Steuerung
	Ausstattung	Elemente welche die Hauptleistung unterstützen
	Wartung, Kundendienst	Eignung zur Reparatur und Annehmlichkeiten des Reparaturdienstes
	Zuverlässigkeit	Wenige Fehlfunktionen oder Ausfälle innerhalb einer bestimmten Zeit
	Haltbarkeit	Produktlebensdauer bzw. Anzahl der Nutzungen innerhalb der Lebensdauer unter Berücksichtigung von Wetter / Klima / Nutzung
	Normkonformität	Erfüllung von Normen und Vorschriften bezüglich Gestaltung und Betrieb
Abstrakte Qualitätsmerkmale	Ästhetik	Optik, Haptik, Akustik
	Wahrgenommene Qualität	Symbolischer Nutzen, Image, Prestige

Tabelle 2.3.1: Kategorisierung von Qualitätsmerkmalen nach [Trost 2006, Seite 96]

Die Qualitätsmerkmale von Produkten sind überwiegend in den ersten sechs Merkmalen messbar. Eine Bewertung der einzelnen Aspekte ist objektiv möglich. Unabhängig vom Betrachter kann z.B. die Haltbarkeit einer Konstruktion gemessen werden oder die Erfüllung von Vorschriften überprüft werden. Der Vergleich von zwei Produkten mit mehr als einem konkreten Qualitätsmerkmal ist objektiv jedoch nicht möglich, weil die Bewertung der Merkmalskombinationen unterschiedlich ist. Hier erfolgt die Beurteilung dann auf Grundlage einer subjektiven Gewichtung der Merkmale.

Die Aspekte Ästhetik und wahrgenommene Qualität werden subjektiv beurteilt und deshalb werden immer sehr unterschiedliche Vorstellungen hierüber vorhanden sein. „Die wahrgenommene Qualität ist streng genommen kein Qualitätskriterium als solches, sondern eher ein Ergebnis der tatsächlichen Qualität und der Kommunikation derselben innerhalb eines Marktes. ... Eine Kaufentscheidung vollzieht der Kunde immer aufgrund der von ihm wahrgenommenen Qualität. Daher muss der Wahrnehmung des Kunden besondere Aufmerksamkeit zuteil werden.“ [Trost 2006, Seite 95].

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.3 (Bau-)qualität

#### 2.3.2 Qualität im Baubereich

In dieser Arbeit wird der Qualitätsbegriff ausschließlich auf den Baubereich bezogen. Wenn also von Qualitätsaspekten die Rede ist, werden diese immer in Bezug auf ein Gebäude, die Prozesse zur Erstellung eines Gebäudes oder in weitestem Sinne mit dem Baugeschehen zusammenhängend verwendet.

Die Aspekte der Bauqualität sind vielseitig. Sie betreffen nicht nur die Bautechnik, sondern beginnen schon bei einer adäquaten Zielsetzung des Bauvorhabens. Die Aspekte der Bauqualität beziehen sich auf den Entwurf und die Gestaltung, Nutzungsqualität und technische Qualitäten und reichen bis zum Unterhalt, dem Betrieb der Gebäude und der möglichen Wiederverwendung/Entsorgung. Für Bauprojekte werden die vorausgesetzten Eigenschaften durch Gesetze, Regelwerke und Verarbeitungsvorschriften definiert. Die festgelegten Eigenschaften werden in eigenen Dokumenten, also z.B. Verträgen, Zeichnungen und Baubeschreibungen, Ausschreibungen und VOB beschrieben. Bauqualität schließt neben den vorausgesetzten Eigenschaften eine Vielzahl von verschiedenartigen Qualitätsaspekten mit ein. Diese haben zum Teil auch kulturelle und soziale Implikationen, deren unmittelbare Relevanz aber nur schwer in Kategorien erfasst werden kann.

Ziel einer Bauinvestition von der planenden und ausführenden Seite ist ein wirtschaftliches Interesse, nämlich mit minimalen Kosten den Bedarf des Bauherrn (Kundenanforderung) optimal zu erfüllen. Der Bauherr geht hierbei ein hohes finanzielles Risiko ein. Die Qualität des fertigen Gebäudes wird dabei nicht nur durch die Herstellung bestimmt, sondern ganz entscheidend auch durch die Planung beeinflusst.

Dennoch wird Qualität in der Bauwirtschaft hauptsächlich dann wahrgenommen, wenn sie mangelhaft ist. „Die wesentliche Bedeutung der Qualität für die Strategie eines Unternehmens liegt jedoch in der Möglichkeit den Nutzen des Kunden zu erhöhen und nicht allein in der Beseitigung und Vermeidung von Qualitätsmängeln“ [Trost 2006, Seite 94].

Deshalb wird in den folgenden Abschnitten allgemein auf die Fehler und Mängel im Baubereich eingegangen. Danach werden die Qualitätsaspekte im Baubereich untergliedert in Prozess- und Produktqualität. Was genau zu den einzelnen Bereichen gehört, wird erläutert. Aus dieser Untergliederung ergeben sich die Einflussvariablen im Bereich der Qualität für die spätere Sensitivitätsanalyse und werden näher erläutert.

##### 2.3.2.1 Fehler, Mängel, Schäden

Fehler

Ein Fehler bedeutet, dass die vorgegebenen Qualitätsanforderungen nicht erfüllt werden. Auch in der DIN EN ISO 9000-2005 wird ein Fehler als Nichterfüllung einer Anforderung definiert [DIN 9000]. Allen am Bau Beteiligten können Fehler unterlaufen. Diese können, wenn Sie nicht rechtzeitig erkannt und behoben werden, zu Baumängeln oder Bauschäden werden.

Baumängel

Ein Baumangel stellt den fehlerhaften Zustand eines Gebäudes bzw. eines Bauteils dar, in dessen Folge

- der Wert oder die Funktionstüchtigkeit vermindert oder aufgehoben wird,
- die zugesicherten Eigenschaften nicht gewährleistet sind oder
- ein Verstoß gegen allgemein anerkannte Regeln der Technik vorliegt.

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.3 (Bau-)qualität

Hierzu wird auf den Endbericht Bauqualität [BBR 2002] verwiesen.

Nicht jeder Mangel führt zu einem Schaden. Eine unebene Wandfläche wird z.B. als (optischer) Mangel gelten, führt aber nicht zum Einsturz dieser Wand, und so nicht zu einem Bauschaden. Wenn eine der Forderungen für den gebauten Bereich nicht eingehalten wird, gilt diese Leistung als mangelhaft. Baumängel werden zu einem großen Teil bei der Bauabnahme erkannt, sofern es sich nicht um verdeckte Mängel handelt. Aber auch zu diesem Zeitpunkt kann die Beseitigung der Mängel schon mit erhöhten Kosten verbunden sein. Durch Nachbesserung oder Minderung der Vergütung kann der Mangel ausgeglichen werden [Scholz 2007]. Ein Mangel kann einen Bauschaden hervorrufen und es können sich hieraus auch Folgeschäden entwickeln.

#### Bauschäden

Bauschäden werden definiert als Veränderungen des technischen Zustandes oder der Eigenschaften von Bauwerken bzw. von Bauteilen, die die technische Tauglichkeit beeinträchtigen. Sie reichen von geringfügigen Fehlern bis zur akuten Gefährdung der Brauchbarkeit.

Folgeschäden beschreiben Schäden, die infolge von Baumängeln oder Bauschäden an anderen Bauteilen entstehen. In Abbildung 2.2.1 werden die am Bau auftretenden Mängel in Kategorien eingeteilt. Der Baumangel hat hierbei nach [Scholz 2007] einen Anteil von fast 50 %. Diese Kategorie beinhaltet die Mängel, die in der Regel bereits bei der Bauabnahme zutage treten.

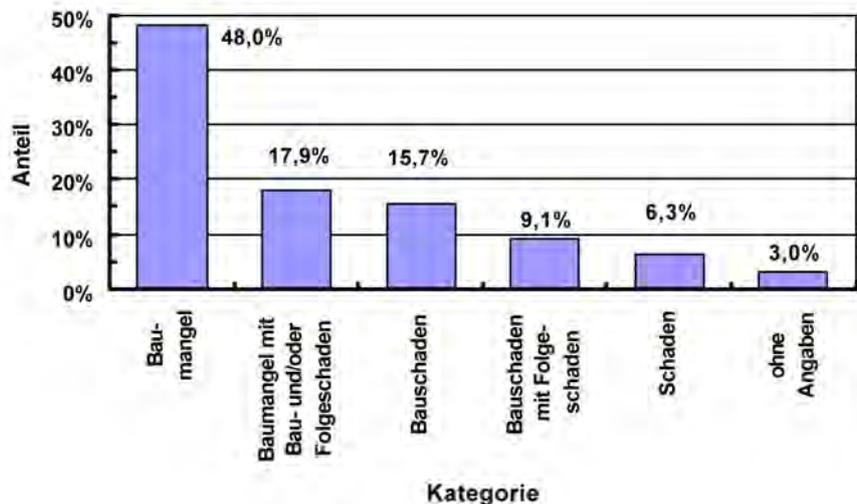


Abbildung 2.3.1: Mängelkategorien aus [BBR 2002, Seite 78]

Die allgemein anerkannten Regeln der Technik werden durch juristisch gebildete Baufachleute und Juristen definiert, wobei eine wissenschaftliche Nachweisbarkeit, allgemeine Bekanntheit unter qualifizierten Technikern und Praxistauglichkeit vorhanden ist. DIN-Normen und technische Baubestimmungen stellen dagegen nicht immer die allgemein anerkannten Regeln der Technik dar. Normen, Richtlinien, Merkblätter, allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen, Fachliteratur, Logik und Erfahrung gehören zu den Quellen, aus denen sie abgeleitet werden. In einem Streitfall entscheidet der Richter nach fachlicher Beratung durch einen öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen, was genau im zu behandelnden Sachverhalt als die allgemein anerkannten Regeln der Technik anzusehen sind [Scholz 2007].

## 2. Klärung zentraler Begriffe

## 2.3 (Bau-)qualität

### Ursachen für Fehler

Wenn man sich die Ursachen für Fehlerkosten im Bauwesen, die 4 bis 12 % der Investitionskosten ausmachen können, in Abbildung 2.3.1 ansieht, wird die Bedeutung der Qualität von Planung und Überwachungsleistungen deutlich. Circa. 38 % der fehlerbedingten Kosten entstehen in der Planung und aus unpräzisen Zielvorgaben. Werden dazu noch die fehlende Information und unklare Zuständigkeiten betrachtet, kann die Hälfte der Fehlerkosten im weitesten Sinn in der Phase der Planung angesiedelt werden [Kochendörfer 2007].



Abbildung 2.3.2:  
Fehlerursachen im Bauwesen nach [Kochendörfer 2007]

Fehler sind umso leichter zu beseitigen, je früher sie erkannt werden. Dafür ist eine baubegleitende Qualitätsüberwachung sowohl für die Bauherrnseite als auch für die ausführende Seite von großer Bedeutung. Die Fehlervermeidung erfordert eine Vorbeugestrategie. Eine Vorbereitung der Arbeitsschritte und frühzeitige Qualitätssicherung haben große Effekte bei relativ geringen Kosten.

Inzwischen wird auch verstärkt im Bauwesen erkannt, dass die Qualität von Planungsergebnissen in starkem Maße auch durch „weiche Faktoren“ (z.B. Gestaltung des Gebäudes, Nutzungseigenschaften) beeinflusst werden, die nicht objektiv zu bewerten sind, aber starke Effekte nach innen und nach außen haben. Effekte nach innen sind z.B. die Stärkung von Mitarbeiterkommunikation und damit auch soziale Vernetzung. Große Bedeutung hat auch die Außendarstellung des Unternehmens mittels eines Gebäudes (Corporate Identity). Mittels eines Kano-Modells, als Werkzeug aus dem Qualitätsmanagement, lassen sich die Kundenzufriedenheit und ihr Erfüllungsgrad darstellen. In [Kochendörfer 2007] wurde dies genauer betrachtet. Hieraus ist ersichtlich, dass Basisanforderungen die Grundanforderungen an das Bauwerk stellen. Die Erfüllung wird als selbstverständlich angesehen.

Eine Nichterfüllung führt zu hoher Unzufriedenheit. Begeisterungsanforderungen werden dagegen vom Kunden nicht explizit verlangt, haben aber einen großen Einfluss auf die Zufriedenheit der Kunden und sind deshalb im Wettbewerb von hoher Bedeutung.

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.3 (Bau-)qualität

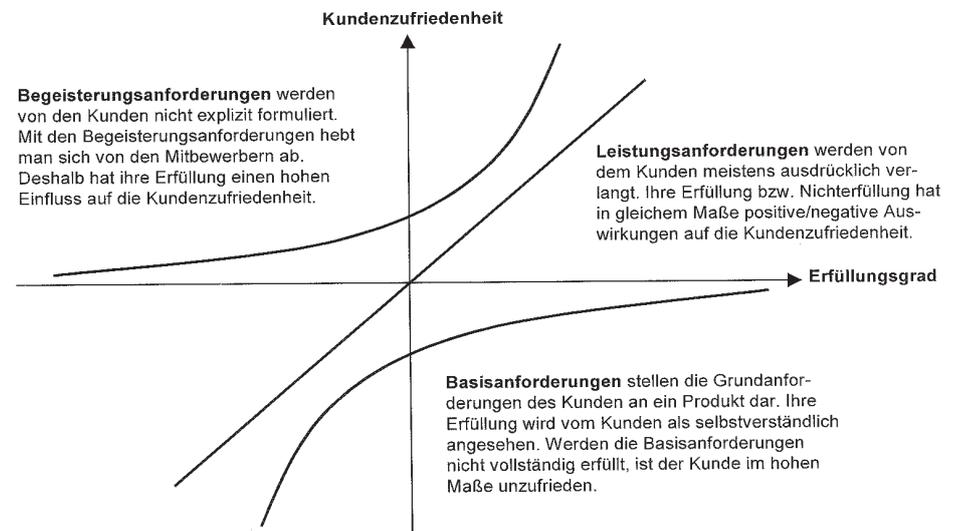


Abbildung 2.3.3:

Kano-Modell zur Klassifizierung von Kundenwünschen [Kochendörfer 2007, Seite 171]

#### 2.3.2.2 Trennung von Prozess- und Produktqualität

Im Endbericht Bauqualität werden die folgenden Aspekte genannt, die auf die Qualität am Bau Einfluss haben und nicht direkt dem Gebäude zuzuordnen sind:

- „– Zeit- und Kostendruck führen zu Planungs- und Ausführungsmängeln.
- Bei der Ausführung werden unzureichend qualifizierte Kräfte eingesetzt, eine kontinuierliche Kontrolle ist nicht immer gewährleistet.
- Integrale Planung ist immer noch schwierig. Die Kommunikation zwischen Architekt, Tragwerksplanung, Haustechnikplaner ist nicht immer zufriedenstellend.
- Honorarordnungen und Verordnungen sind nicht ausreichend motivierend für innovative Planungen im Bereich der Haustechnik.“ [BBR 2002, Seite 85].

Um diese Punkte angemessen zu berücksichtigen, wird die Qualität im Baubereich unterteilt in die Qualität des Prozesses der Bauwerkserstellung und des fertigen Bauwerkes (Produkt). Um den (Bau-)Qualitätsbegriff für die Sensitivitätsanalyse nutzbar zu machen und konkrete Einflussvariablen ableiten zu können, wird auf die sehr detaillierte Aufschlüsselung der Begrifflichkeit von [Weeber 2003] zurückgegriffen. Unterschieden wird hierbei zwischen der Qualität des Produktes Gebäude und der Verfahrensqualität, die den gesamten Prozess bis zum fertigen Gebäude beschreibt und hier mit Prozessqualität benannt wird. In der Abbildung 2.3.4 wird die Unterteilung dargestellt.

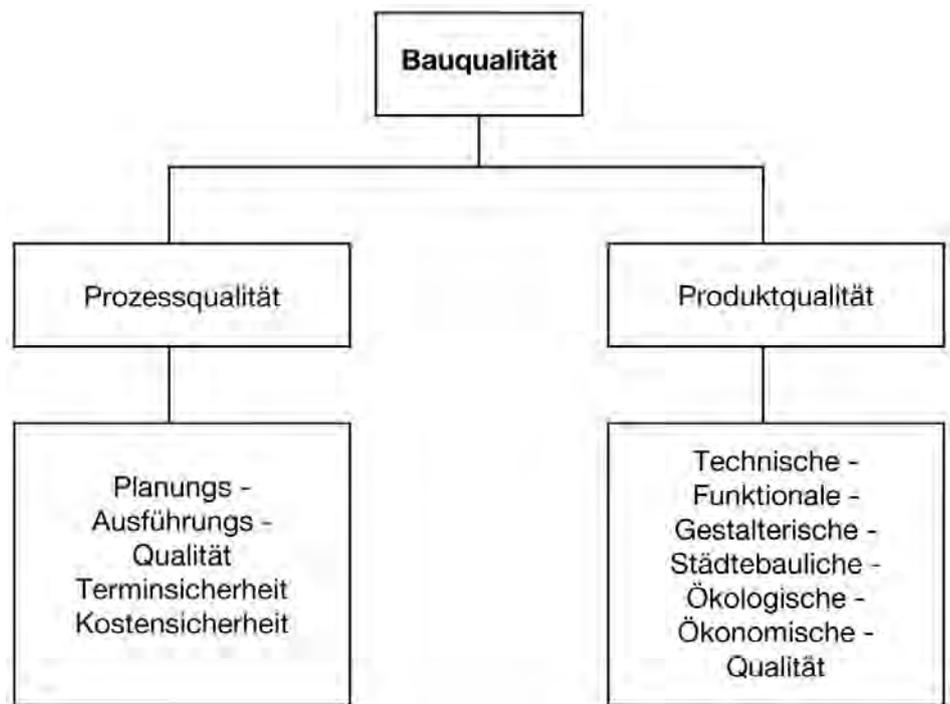


Abbildung 2.3.4:  
Untergliederung der Bauqualität mit Einzelaspekten nach [Weeber 2003]

Für die Sensitivitätsanalyse in Kapitel 3 wird ein Satz von Einflussvariablen benötigt, der die relevanten Komponenten im System des Zusammenhangs von Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität darstellt.

Ausgehend von der Untergliederung in Prozess- und Produktqualität und der Zuordnung und Zusammenfassung einzelner Aspekte werden einzelne Einflussvariablen definiert, siehe hierzu Abbildungen 3.3.4 und 3.3.5.

### 2.3.3 Bauqualität in der Praxis

In dem Endbericht zur Bauqualität [BBR 2002] werden folgenden Feststellungen gemacht:

- Immer größeres Datenmaterial in der Planung, Ausführung und im Betrieb, sowie die nötige Kommunikation und Kooperation der am Bau Beteiligten wird durch virtuelle Projekträume transparent und handhabbar gemacht. Dies beginnt sich langsam im Baubereich auszubreiten.
- Verordnungen, Normen und Gesetze, die für zu erfüllende Qualität sorgen, werden durch die Harmonisierung auf Europastandard immer umfangreicher [BBR 2002, Seite 16].
- „Im Gegenzug werden Bauleistungen in Deutschland häufig an ausländische Subunternehmer vergeben, die durch geringere Lohnnebenkosten starken Konkurrenzdruck auf deutsche Firmen ausüben. Die unterschiedliche Zusammensetzung der Subunternehmerfirmen fordert weitergehende Maßnahmen zur Umsetzung der Bauqualität, als wenn dieselbe Bauaufgabe mit traditionellen deutschen Firmen umgesetzt würde. Dies liegt zum einen an der oft anderen, durch handwerkliche Tradition geprägten Qualifikation, zum anderen fehlen Kenntnisse über die Verarbeitung einer Vielzahl der in Deutschland üblichen neueren

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.3 (Bau-)qualität

Bauprodukte. Da sich am üblichen Baugeschehen und an den Qualitätsansprüchen nichts ändert, sondern nur die Baukosten durch billigere Angebote gesenkt werden sollen, kommt es hier zwangsläufig zu Konflikten zwischen den Baubeteiligten.“ [BBR 2002, Seite 10].

Aus den in Kapitel 2.3.2.1 erwähnten und in [BBR 2002] ausführlich dargestellten Aspekten, die einen Einfluss auf die Bauqualität haben, wurden im Endbericht zur Bauqualität Empfehlungen abgeleitet, um eine Steigerung der Bauqualität zu erreichen. Diese wurden nachstehend den einzelnen Einflussvariablen zugeordnet.

#### *integrale Planung*

Die integrale Planung des Gebäudes unter Einbeziehung von Architektur, Hochbau und Gebäudetechnik ist von großer Bedeutung, und eine Abstimmung der Planungsbeteiligten muss frühzeitig erfolgen. Dieser Prozess ist erst in den letzten Jahren verstärkt umgesetzt worden. Anspruchsvollere Planungsaufgaben mit Tendenz zur Spezialisierung bei gleichzeitiger Notwendigkeit zur Kooperation mit projektspezifisch neuen Partnern und Schnittstellen haben einen direkten Einfluss auf die Bauqualität.

#### *Bauherr*

Die geforderte Qualität muss frühzeitig und genau beschrieben werden, um Angebote konkreter Objekte entsprechend dem individuellen Anforderungsprofil des Bauherrn objektiv vergleichen zu können. Hierzu ist die Formulierung von Qualitätsmerkmalen und -standards erforderlich, denn nur was beschrieben ist, kann auch bewertet werden. Bezugsgrößen müssen eindeutig und einheitlich definiert werden.

#### *Lebenszykluskosten*

Qualitätsmerkmale zur Nutzungsphase (z.B. Energieverbräuche) müssen einbezogen werden. Damit können sich Maßnahmen sowohl für die Erstellungs- als auch für die Nutzungsphase optimieren lassen. Ein großes finanzielles Einsparpotenzial wäre die Folge.

Es wurde festgestellt, dass sich die VOB und VOL in der öffentlichen Vergabe bewährt haben. Aber es sollten die engen Spielräume ausgenutzt werden, um im Sinne der Lebenszyklusbetrachtung dem günstigsten und nicht dem billigsten Angebot den Zuschlag zu erteilen. Die Notwendigkeit, durch die Vergabe das billigste Angebot zu bekommen, erwächst aus den knappen Haushaltskassen der öffentlichen Hand. Dieser obliegt auch die Verantwortung für den ordnungsmäßigen Gebrauch der Immobilien. Damit muss die öffentliche Hand dann die zu billig gebauten Bauwerke erhalten und betreiben.

#### *Informationsweitergabe*

Hohe Anforderungen an die Prozessqualität setzen eine interdisziplinäre Kooperation und eine verbesserte Kommunikation voraus. Hinderlich ist hierbei, dass die Wertigkeit der Planungsleistungen von Auftraggebern oft nicht mehr entsprechend geschätzt wird. Zum Nachweis einer guten Prozessqualität kann ein Qualitätsmanagementsystem dienen. Jedoch können Wettbewerbsvorteile durch qualitativ bessere Prozesse nur dann verwirklicht werden, wenn das QM-System mit Leben erfüllt wird, indem über die Zertifizierung hinaus ein ständiger Verbesserungsprozess gelebt wird [BBR 2002].

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.3 (Bau-)qualität

#### 2.3.4 Bauqualität in Bezug zu Nachhaltigkeit

Zielsetzungen der Qualität im Baubereich schließen nicht automatisch Ziele der Nachhaltigkeit mit ein. Bauqualität bezieht sich auf die Erfüllung der festgelegten Eigenschaften. Werden die von der Bauherrnseite geforderten Qualitäten erfüllt, kann der Bauherr zufrieden gestellt werden und ist umgangssprachlich, „von der Qualität seines Gebäudes überzeugt.“ Durch eine Qualitätssicherung im Planungs- und Bauprozess kann die Erfüllung der vorgegebenen Eigenschaften sichergestellt werden. Damit besteht kein direkter Zusammenhang mit der Nachhaltigkeit von Gebäuden.

Wenn aber in der frühen Phase der Planung schon Aspekte der Nachhaltigkeit als Vorgaben definiert werden, können diese zu qualitativen Merkmalen werden. Diese Vorgaben sollten im Rahmen von Zielvereinbarungen formuliert werden. Durch die Erfüllung der festgelegten Eigenschaften eines Gebäudes, in diesem Fall einzelne Aspekte der Nachhaltigkeit, werden Nachhaltigkeitsaspekte zu Qualitätsmerkmalen und sind damit auch Qualitätsaspekte, die erfüllt werden müssen.

Die Einbeziehung von Eigenschaften, die sich auf Nachhaltigkeitsaspekte beziehen, und deren Erfüllung sind ein wichtiger Aspekt für Wechselbeziehung von Bauqualität und Nachhaltigkeit.

Einflussmöglichkeiten  
auf Aspekte der Nachhaltigkeit

Es stellt sich die Frage, welche Eigenschaften festgelegt werden müssen, um über eine Qualitätserfüllung Einfluss auf Nachhaltigkeitsaspekte zu bekommen. Hierbei haben sich durch die Analysen in den Kapiteln 2.2 und 2.3 die folgenden Bereiche herausgebildet.

Es ist zu unterscheiden zwischen:

- konkreten, auf das Gebäude bezogenen Eigenschaften,
- abstrakten Qualitätsmerkmalen und
- indirekten Eigenschaften.

konkrete Eigenschaften

Die konkreten und auf das Gebäude bezogenen Eigenschaften, die als Qualitätsmerkmale erfüllt werden sollten, beziehen sich auf den Gebrauchsnutzen, die Normkonformität, die Wartung und Zuverlässigkeit, Ausstattung und Haltbarkeit. Insgesamt muss ein mängelfreies Werk erstellt werden.

Eine frühzeitige Zielvereinbarung des Bauherrn über die geforderten Gebäudeeigenschaften muss Grundlage für alle Planungen werden. Die geforderten Ziele, ausformuliert als festgelegte Eigenschaften, sind mit Planungsfortschritt ausführlicher zu gestalten.

Eine Lebenszyklusbetrachtung für Kosten, ökologische Kriterien und Festlegung von Qualitätsmerkmalen für die Nutzungsphase trägt dazu bei, die geforderten Eigenschaften nicht nur für den Zeitpunkt der Erstellung, sondern auch für die spätere Phase der Nutzung zu optimieren.

abstrakte Qualitätsmerkmale

Zu den abstrakten Qualitätsmerkmalen, deren Erfüllungsgrad sehr viel schwerer nachzuprüfen ist, gehören Fragen einer gestalterischen Qualität und auch Funktionalität des Gebäude. Gestalterische Leistung, die sich über die zukünftigen Jahrzehnte durchsetzen und erhalten kann, sorgt für Langlebigkeit des Gebauten. Auch funktionale Aspekte der Bauaufgabe sind nicht zu vernachlässigen. Eine Feststellung der Erfüllung dieser abstrakten Merkmale erfordert eine Kommunikation darüber.

## 2. Klärung zentraler Begriffe

### 2.3 (Bau-)qualität

#### indirekte Eigenschaften

Indirekte Eigenschaften sind die Kommunikation aller am Planungs- und Bauprozess Beteiligten, sowie die Kooperation der am Bau Beteiligten. Hierbei hilft die frühzeitige Bildung eines integralen Planungsteams den Informationsstand möglichst breit zu verteilen. Dabei wird in einer sehr frühen Phase eine Einbeziehung von Fachplanern benötigt. Einer Ausrichtung auf nachhaltigkeitsorientierte Planungsgrundsätze schon frühzeitig während der Planungsphase vertieft das Wissen über Zusammenhänge am Bau. Besonders während der Planungsphase lassen sich Strategien der Nachhaltigkeit beeinflussen. Hierbei sind Erstellungs- und Betriebskosten, sowie der Ressourcenverbrauch von zentraler Bedeutung. Eine größere Wertschätzung fundierter Planungsleistung unterstützt die Qualitätserfüllung und auch das Erreichen von Nachhaltigkeitszielen.

Je frühzeitiger Kriterien der Nachhaltigkeit in die Planung und dann Ausschreibung etc. eingearbeitet werden können, desto einfacher / besser lassen sich Kriterien der Nachhaltigkeit umsetzen.

Auch eine genaue Erfüllung der geforderten Eigenschaften des Gebäudes, und damit umgangssprachlich eine hohe Bauqualität der Ausführung, hat positiven Einfluss auf die Dauerhaftigkeit der Gebäude. Die Überwachung der Ausführung und die Einhaltung der zugesicherten Eigenschaften haben hierüber indirekt einen Einfluss auf Aspekte der Nachhaltigkeit.

Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass Qualität, also die Erfüllung festgelegter Eigenschaften, nicht zwingend die Einbeziehung von Nachhaltigkeitsaspekten benötigt. Es gibt aber durchaus einige Berührungspunkte von Qualitätskriterien und Nachhaltigkeitsaspekten.

Gerade im Bereich der Planungs- und Bauprozesse entstehen enge Verbindungen von Qualitätserfüllung und Nachhaltigkeitsaspekten. Auch die Betrachtung von Lebenszyklus, sowie gestalterischen und funktionalen Aspekten stellen Bezüge von (Bau-)Qualität und Nachhaltigkeit dar. In der Baupraxis werden die Verknüpfungspunkte noch zu selten erkannt und umgesetzt.

Nachhaltigkeit kann nicht mit der Erfüllung einiger Eigenschaften erledigt werden, sondern ist immer ein Prozess, der einen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung leistet. Es müssen daher die einzelnen Einflussfaktoren auf dem Weg zu nachhaltiger Entwicklung bewertet werden vor der Frage, ob der Einfluss unter Berücksichtigung verschiedener Umstände in die richtige Richtung geht oder rückwärtsgewandt ist.

Um die vielschichtigen Wechselwirkungen systematisch abbilden zu können, wird im folgenden Kapitel ein Gefüge von Aspekten der (Bau-)Qualität und Nachhaltigkeit aufgebaut.

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

#### 3.1 Kybernetik des Bauens

##### 3.1.1 Allgemeines

Als Kybernetik wird nach ihrem Begründer Norbert Wiener die Wissenschaft der Steuerung und Regelung von Maschinen (Systemtechnik), lebenden Organismen und sozialen Organisationen bezeichnet. [Wiki 2011]

Die Kybernetik basiert auf den Gesetzmäßigkeiten natürlicher, also lebender Systeme (Organismen). Das Wort Kybernetik selbst kommt aus dem Griechischen „kybernetes“ und bedeutet „Steuermannskunst“. Es wird darunter das Erkennen, die Steuerung und selbstständige Regelung von ineinandergreifenden, vernetzten Abläufen bei minimalem Energieaufwand verstanden. [Oswalt 1994] Als interdisziplinäre Wissenschaft an der Schnittstelle zwischen Ingenieur- und Naturwissenschaft versucht sie, Erkenntnisse über Wesen und Steuerungsmöglichkeiten komplexer Systeme zu gewinnen. Die Erkenntnis, dass erst durch Information Leben, Organismen und Organisation auf unserem Planeten möglich geworden sind, führt zu einer ganzheitlichen Betrachtungsweise, dem vernetzten-„systemischen“ Denken.

Im Bereich des Bauens ist diese Vorgehensweise durch die Kybernetik von Bauprozessen [Zimmermann 2010] oder aber die Kybernetik im Bezug auf Energiekonzepte [Pfeifer 2010] am bekanntesten.

Kybernetik der  
Bauprozesse

Unter Baukybernetik wird von der deutschen Gesellschaft für Baukybernetik verstanden, dass eine Selbstorganisation im vernetzten Geschehensgefüge des Bauwesens stattfindet. Schon ab den 70er Jahren wurden diese Erkenntnisse genutzt, um Organisationsprobleme im Bauen zu bewältigen [DGBK 2011]. Zum Beispiel ermöglicht das Konzept KOPF (Kybernetische Organisation – Planung – Führung) „die ganzheitliche Optimierung des Prozesses vom Baustoffverwender bis zum Baustoffproduzenten. KOPF basiert auf der (Bau-)Kybernetik 2. Ordnung, welche lebende, spontane, unbestimmte psychische und soziale Systeme zum Gegenstand hat und deren Selbststeuerungspotenz erschließt.“ [Grote 2001].

Als Managementmethode lehrt die „Managementkybernetik“, dass Chaos und Unvorhersehbarkeit nicht unbedingt Chaos bedeuten. Auf den Bau angewandt, wird dies als praktische Anwendung einer Entwicklung von Selbstorganisation im vernetzten Geschehen des Bauwesens gesehen [Zimmermann 2010]. Es wird akzeptiert, dass Bauvorhaben in ihrem gesamten Lebenszyklus komplex und nicht bis in jedes Detail linear planbar sind. Zur Erfüllung dieser Aufgaben braucht es dann vor allem Beteiligte, für die das Ziel das Endresultat Bauwerk und z.B. nicht nur die Denkweise des eigenen Gewerkes ist – hier sind dann Teamgeist und die Ansprüche an Qualität gefragt. [Danbauer 2009].

Kybernetik der  
Energiekonzepte

Kybernetik im Bezug auf Energiekonzepte beschäftigt sich mit der Verknüpfung von Hausstruktur, funktionaler Anordnung, Konstruktion und Detail, um energieeffiziente und ressourcenschonende Gebäude zu entwickeln, die vorhandene solare Energien durch passive Maßnahmen gezielt einsetzen [Pfeifer 2010a]. Dabei ist eine grundlegende Beschäftigung mit den über die geschichtliche Entwicklung regional entstandenen Gebäudeformen wichtig, sowie eine Herausarbeitung energetisch relevanter Parameter, räumlicher Strukturen und Materialien. Dadurch kann nach [Pfeifer 2010a] ein kybernetisches, also sich selbst steuerndes Gebäude, dessen Elemente dynamisch auf die Umgebungsbedingungen reagieren, entstehen. Hier trägt die Anordnung der Gebäudezonen, die Konfiguration von Grundriss und Räumen sowie die Lage des Hauses entscheidend zur Energieeffizienz bei. Dabei ist

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

#### 3.1 Kybernetik des Bauens

das Zusammenspiel von Einsammeln der vorhandenen Sonnenenergie und Umwandlung zu direkter Wärme, die Verteilung der gewonnenen Energie, das Speichern der Energie, wenn Sie nicht sofort genutzt wird, sowie der Schutz vor Energieverlusten und das Entladen überschüssiger Energie (Auskühlung) gemeint. Als vorhandene Energiequellen kommen neben der solaren auch die Geothermie und Prozessenergie in Frage.

In der Betrachtung des Zusammenspiels von (Bau-)Qualität und Nachhaltigkeit lassen sich die Einflussmöglichkeiten nicht durch eine lineare Prozesskette darstellen. Die Wechselbeziehungen und Verknüpfungen der einzelnen Aspekte müssen als kybernetisches Modell gesehen werden, das über ein Modell in dieser Arbeit abgebildet wird.

##### 3.1.2 Komplexe Zusammenhänge

In unserer heutigen Zeit sind Zusammenhänge und Abhängigkeiten durch die starke Arbeitsteilung und Spezialisierung sowie ausgefeilte Kommunikationstechniken sehr komplex geworden. Auftretende Probleme lassen sich deshalb meist nicht sofort und eindeutig lösen. Oft entstehen durch die Lösung eines Problems neue Probleme, die davor nicht abzusehen waren. Dabei treten die neuen Fragestellungen oft zeitverzögert auf, was die Zuordnung eines Problems zum eigentlichen Auslöser erschwert. „Im Zeitalter hochkomplexer, miteinander vernetzter Strukturen und Vorgänge ist es somit unabdingbar, dass wir über diesen simplen linearen Ansatz hinausgehen und in unserem Denken, Planen und Handeln die vorliegende Komplexität, das heißt die vernetzten Zusammenhänge unserer Welt, nicht nur zur Kenntnis nehmen, sondern sie zu nutzen lernen, um „nachhaltig“, also evolutionär sinnvoll handeln zu können. Das Dilemma der Entscheidungsfindung in Wirtschaft, Finanzwelt, Politik und Verwaltung liegt nun darin, dass einerseits die Einsicht in die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Betrachtungsweise wächst, aber andererseits die isolierte Betrachtung von Einzelbereichen dennoch weiter fortschreitet.“ [Vester 2002, Seite 18].

Komplexe Systeme sind immer dynamische Systeme. Diese haben die Eigenschaft, dass wegen der Komplexität schon kleine Störungen einen großen Einfluss auf das Gesamtsystem haben können. Es sind deshalb nur beschränkte Voraussagen möglich. Diese haben dann qualitativen Charakter. Die Wichtigkeit der Betrachtung von komplexen Systemen liegt in der Erforschung des richtigen Verhältnisses von Selbstorganisation und Steuerung.

##### 3.1.3 Komplexität im Baubereich

Das gesamte Gefüge des Baubereichs ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl an beteiligten Gruppen, unterschiedlichen Zielsetzungen und der für jede Bauaufgabe neuen Zusammensetzung der Beteiligten. Es bestehen einzelne Wechselwirkungen mit unterschiedlichem Zeithorizont (zwischen kurz-, mittel-, langfristigen Effekten). Eine der größten Schwierigkeiten beim Bauen ist, dass jeder Bau ein Unikat ist und über seinen gesamten Lebenszyklus verschiedenen Einflüssen unterliegt. Jeder einzelne Teilbereich leistet nur einen kleinen Beitrag für das Bauwerk in seinem Lebenszyklus. Nicht alle Einflüsse sind im voraus erkennbar oder bekannt.

Die Komplexität entsteht durch die verschiedenen planungspraktischen Bedingungen, Erfordernisse und Möglichkeiten.

Die gesamte Bauwirtschaft trägt mit ihrem hohen Energie- und Stoffverbrauch mit zu den hohen Umweltbelastungen bei. Es besteht ein Zusammen-

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

#### 3.1 Kybernetik des Bauens

spiel von Bauen, Umwelteinwirkungen und dem wirtschaftlichen Standort in Form von Anzahl der Erwerbstätigen und Bruttoinlandsprodukt.

„Die Vielfältigkeit der Anforderungen an ein Gebäude, wie die Nutzbarkeit für einen bestimmten Zweck, Grundrisslösung, Statik, technische Gebäudeaus-rüstung, Haltbarkeit und Instandsetzbarkeit, Ästhetik, gesetzliche Bestim-mungen, finanzielle Ziele, erzielbare Mieten und Verkaufspreise usw., stellen bereits bei der Entwicklung, Konzeption und Planung eine Herausforderung dar. In der Phase der Erstellung der Immobilie muss eine Vielzahl von Betei-ligten zusammenarbeiten. Dazu müssen Bauherren, Architekten, Ingenieure, Planer, Berater, Bauunternehmen, Subunternehmer, Behörden und andere koordiniert werden, um die Projektziele zu erreichen. Die Vielfalt der Materia-lien ist eine weitere Ebene der Komplexität. Das Know-how von Bau, Repa-ratur und Recycling der Baumaterialien, Komponenten und Systeme muss ständig erweitert werden, da neue Produkte und Technologien hinzukom-men, das bestehende Wissen bleibt dabei für Gewährleistungen, Instandset-zungen und Reparatur weiterhin relevant.

Eine der Auswirkungen der Komplexität sind insbesondere hohe Transak-tionskosten. Je komplexer ein Projekt, desto länger die Zeit bis zur Realisie-rung. Die Komplexität ist eine der Hauptursachen für eine lange Planungs- und Bauzeit. Die Qualität des Bauwerks hängt nicht allein von einem Material, einer Komponente, einem Bauteil, oder Element ab. Aufgrund der Komplexität des Systems Bauwerk wirken sich Qualitätsmängel vielfältig negativ aus und bergen somit ein erhöhtes Risiko. Auch die Einführung von Innovationen ist schwierig, da die Wechselwirkungen innerhalb des Gesamt-systems berücksichtigt werden müssen.“ [Trost 2006, Seite 8].

#### Beschreibung von Gebäuden im Lebenszyklus

Die Beschreibung von Gebäuden und ihr Lebenszyklus werden stark von den unterschiedlichen Blickwinkeln geprägt. Für die Nutzer stellt sich das Gebäude als Teil der gebauten Umwelt dar, der als Wohn- oder Arbeitsum-feld dient. Das Gebäude kann auch als Produkt beschrieben werden, das aus Bauteilen besteht. Über diese Bauteile wird es beschrieben. Anhand von daraus folgenden Berechnungen zu Energie- und Stoffflüssen kann das Gebäude in Zahlenwerten beschrieben werden.

Teile des Gebäudebestandes haben auf Grund von historischer Bedeutung oder ihrer handwerklichen oder ästhetischen Qualität einen besonderen kulturellen Wert, über den sie beschrieben werden können. Diese Werte sind im Rahmen einer nachhaltigen Bewirtschaftung, Abriss oder Umbau zu beachten. Ein Gebäude wird aber auch über seine Kosten, also Baukosten, Betriebskosten und Kosten am Ende des Lebenszyklus erfasst.

Durch die Analyse komplexer Systeme hat nach Moffatt /Kohler [Moffatt 2008] eine konzeptionelle Verknüpfung von natürlichen mit sozialen Systeme stattgefunden. Innerhalb von Gebäuden können ebenfalls Zusammen-hänge zwischen dem physischen Zustand und den sozialen Beziehungen herausgearbeitet werden, wie in Abbildung 3.1.1 dargestellt ist [König 2009].

**3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell**

**3.1 Kybernetik des Bauens**

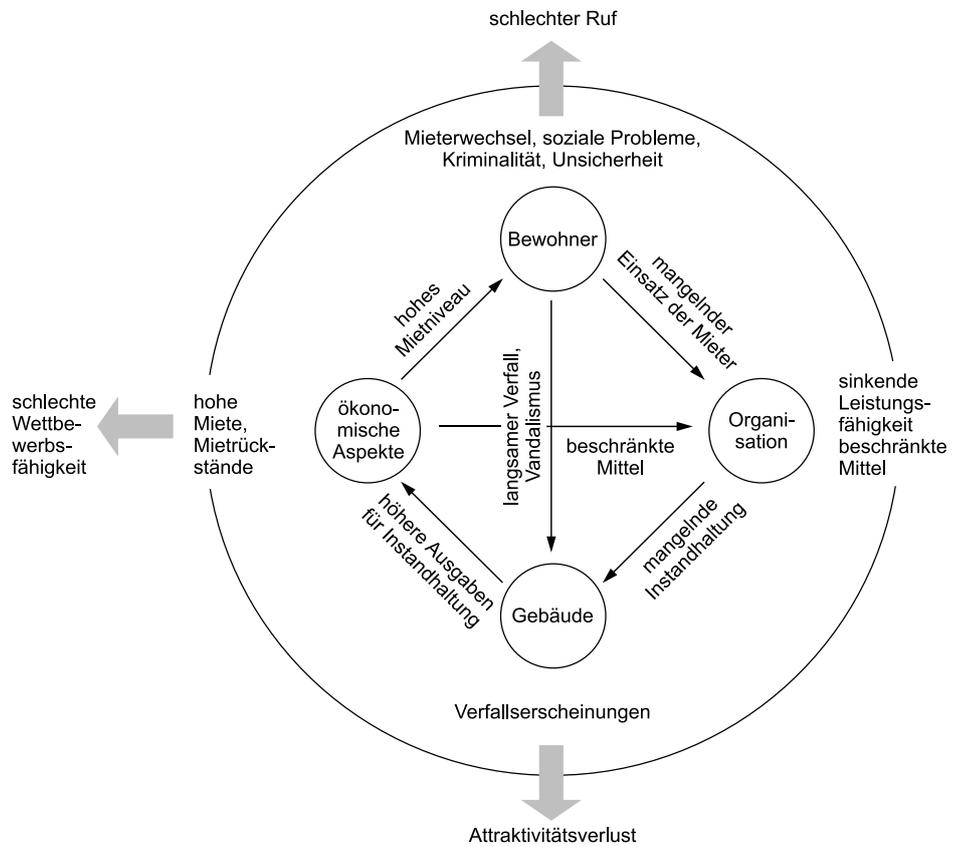


Abbildung 3.1.1: Lebenszyklus als sozialer Prozess nach [König 2009, Seite 14]

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

#### 3.2 Die Sensitivitätsanalyse nach Vester

##### 3.2.1 Einführung

Als methodische Arbeitshilfe für das vernetzte Denken wurde von Frederic Vester das Sensitivitätsmodell entwickelt. Wichtig ist hierbei, dass bei der systemischen Betrachtung die Betrachtungsebene außen ist. Dadurch wird eine Systemregulation mit Folgenabschätzung durchgeführt. Ziel ist das Erkennen und Steuern und selbstständige Regeln von vernetzten Abläufen bei minimalem Energieaufwand. Die einzelnen Teilbereiche eines Systems stehen in einer vielfältigen Beziehung zu anderen Systemen und bilden daher ein Netzwerk von gegenseitigen Abhängigkeiten und Wechselwirkungen. Mit der Sensitivitätsanalyse nach Vester lassen sich komplexe Zusammenhänge, die ein Verständnis der Zusammenhänge und Rückwirkungen der einzelnen Teile verlangen, sehr übersichtlich darstellen. Darüber hinaus wird durch die strukturierte Vorgehensweise der Erstellung eines Wirkungsgefüges im *Sensitivitätsmodell Prof. Vester®* ein System aufgebaut, mit dem sich durch die gezielte Beeinflussung bestimmter Variablen neue Szenarien aufbauen lassen und damit Abschätzungen der langfristigen und gegenseitigen Einwirkungen möglich werden.

In dieser Arbeit wird das Wirkungsgefüge für die Wechselwirkung von Aspekten der Nachhaltigkeit und Kriterien der (Bau-)Qualität aufgebaut. Hierbei wird herausgearbeitet, wie das Zusammenwirken der verschiedenen Aspekte von (Bau-)Qualität und Nachhaltigkeit ist und welchen Einfluss verschiedene Qualitätsaspekte auf die Ziele der Nachhaltigkeit haben. Grundlage sind die in Kapitel 2.2 und 2.3 erarbeiteten Teilbereiche, die als Einflussvariablen in das Sensitivitätsmodell eingehen.

##### 3.2.2 Vorgehen der Sensitivitätsanalyse nach Vester

Für eine möglichst realitätsnahe Darstellung eines Sensitivitätsmodells müssen drei Bedingungen erfüllt sein:

- die einzelnen Komponenten (Einflussvariablen) müssen richtig ausgewählt werden
- die Beziehungen zwischen ihnen müssen erfasst werden
- sie müssen miteinander vernetzt werden [Vester 2002, Seite181].

Für die Vorgehensweise in dieser Arbeit bedeutet dies, dass fünf Schritte erfolgen. Zu erst werden die Einflussvariablen für das System von Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität definiert (Kapitel 3.3.1).

Danach wird im *Sensitivitätsmodell Prof. Vester®* eine Einflussmatrix erstellt (Kapitel 3.3.2).

In einem Wirkungsgefüge werden die einzelnen Einflussvariablen miteinander in Beziehung gesetzt (Kapitel 3.4).

In einem weiteren Schritt werden für Teilbereiche aus dem Wirkungsgefüge Simulationen erstellt, um ein genaueres Verständnis des Zusammenhangs der Einzelbereiche zu bekommen (Kapitel 3.5).

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.2 Die Sensitivitätsanalyse nach Vester

Problembeschreibung	<p><b>3.2.3 Problembeschreibung und Abgrenzung des Systems</b></p> <p>Der heutige Planungs- und Bauprozess ist gekennzeichnet durch den Umgang mit Fehlern und Mängeln. Der Kommunikations- und Informationsaustausch ist oft mangelhaft. Von der Bauherrnseite werden möglichst billige Erstellungskosten angestrebt, meist ohne Betrachtung der späteren Betriebskosten, siehe hierzu Kapitel 2.3. Hier setzt die in Kapitel 3.1 beschriebene Baukybernetik an.</p> <p>Indem der Kommunikationsaustausch unter Einbezug und Unterstützung aller Beteiligten gelenkt wird, kann Einfluss auf die Baukosten, sowie die Motivation ausgeübt werden, was sich in Teilaspekten der Qualität des Produkts Gebäude niederschlägt.</p> <p>Zusätzliche Anforderungen an das Bauen werden gestellt, indem Nachhaltigkeitskriterien vermehrt beim Bauen berücksichtigt werden sollen. Hierfür gibt es z.T. Hilfestellungen in Form von Leitfäden, Berechnungstools für Teilbereiche wie LCA/LCC oder Nachhaltigkeitszertifikaten.</p> <p>Um Nachhaltigkeitskriterien im Baubereich zu erfüllen, gibt es viele theoretische Vorgaben. Die Baupraxis weicht aber in erheblichem Umfang davon ab.</p> <p>Gesteigerte (Bau-)Qualität in Planung und Ausführung und damit weniger Fehler können entscheidend dazu beitragen, Nachhaltigkeitsaspekte in die Realität umzusetzen. Mit der Sensitivitätsanalyse nach Vester, sollen die Schlüsselpositionen, die die Ziele der Nachhaltigkeit positiv beeinflussen können, herausgearbeitet werden.</p> <p>Wichtig ist nicht nur die Wirkungen zu kennen, sondern auch ihre Wechselwirkung untereinander zu betrachten. Bei der genauen Betrachtung der Beziehungen im Gesamtsystem tritt die Bedeutung der einzelnen Systemteile zurück und das Muster des Systemganzen bestimmt den Lauf der Dinge. [Oswald 1994, Seite 15] Dieses Systemganze wird im Folgenden aufgestellt.</p>
Abgrenzung des Systems	<p>Die Untersuchungen finden auf der Ebene „Gebäude“ über den gesamten Lebenszyklus statt. Die kulturellen und städtebaulichen Komponenten und damit übergeordnete Zusammenhänge zur Umgebung und die Wahl des Bauortes werden nicht einbezogen, da diese Zusammenhänge einen anderen erweiterten Variablensatz erfordern würden. Eine Orientierung und Ausrichtung des Gebäudes auf dem Grundstück und eine Einbindung in die Umgebung werden in Variable 18 „Ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung berücksichtigt.</p> <p>Die Betrachtung auf der Ebene des Gebäudes bedeutet auch eine Abgrenzung nach unten. Es werden nicht Detailkonstruktionen betrachtet oder die Wahl des einzelnen Materials.</p> <p>Betrachtet werden nur Hochbaumaßnahmen im Neubau.</p> <p>Ziel ist es, herauszufinden, ob eine positive Beeinflussung von Nachhaltigkeits- und (Bau-)Qualitätsaspekten durch das Ineinandergreifen der Wechselwirkungen möglich ist. Die Stellschrauben mit großer Wirkung sollen herausgearbeitet werden, durch die Ziele der Nachhaltigkeit und der Bauqualität größtmöglich beeinflussbar sind.</p>

**3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell**

**3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®**

**3.3.1 Einflussvariablen**

**3.3.1.1 Allgemeines**

Der Ausgangspunkt für den Aufbau eines Gefüges von Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell sind die Einflussvariablen. Diese Variablen sind veränderliche Größen, als Knotenpunkte im System, aus deren Wechselwirkung untereinander die Kybernetik des Systems ermittelt wird.

Zur Definition der relevanten Einflussvariablen wurden im Kapitel 2 die Schlüsselkomponenten herausgearbeitet, so dass ein überschaubarer Satz der wesentlichen Variablen entstanden ist. Die Einflussvariablen setzen sich aus den Bereichen Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität zusammen. Die Bereiche Nachhaltigkeit, (Bau-)Qualität und Sonstiges wurden auf Einzelaspekte heruntergebrochen. Die einzelnen Variablen müssen hierbei den gleichen Abstraktions- / Aggregationsmaßstab besitzen. Die in dieser Arbeit verwendeten Einflussvariablen sind in Abbildung 3.3.1 dargestellt. Jede, der genannten Einflussvariablen, ist ein Überbegriff für eine Komponente im Gesamtsystem. Jede Einflussvariable wird über Indikatoren beschrieben, die den Gesamtcharakter darstellen. Wichtig ist, dass dieser Gesamtcharakter das Veränderliche der Variablen darstellt. Die Indikatoren weisen eine qualitative oder quantitative Richtung auf.

Nicht alle Einflussvariablen lassen sich eindeutig einem der Bereiche zuordnen. Zur allgemeinen Definition sind in der Übersichtsabbildung 3.3.1 ökologische und ökonomische Variablen, sowie Behaglichkeit der Nachhaltigkeit und Gestaltung und Funktionalität der (Bau-)Qualität zugeordnet. Der allgemeine Zusammenhang verschiedener Aspekte von (Bau-)Qualität und Nachhaltigkeit wurde in Kapitel 2.3.4 beschrieben.

Einflussvariablen		
Nachhaltigkeit	(Bau-)Qualität	Sonstiges
1 Höhe der Umweltwirkungen	11 Funktionieren der integralen Planung	20 rechtliche Anpassung
2 Höhe des stofflichen Verbrauchs	12 Entscheidungswille des Bauherrn	
3 Höhe der Erstellungskosten	13 Effizienz der Überwachung der Ausführung	
4 Höhe der Betriebskosten	14 Intensität der Motivation	
5 Höhe der Entsorgungskosten	15 Stärke des Konkurrenzdrucks	
6 Dauerhaftigkeit	16 Durchgängigkeit der Informationsweitergabe	
7 Optimierung der Instandhaltung	17 Erfüllung technischer Aspekte	
8 Gesundheit der Nutzer	18 „Ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung	
9 Behaglichkeit der Nutzer	19 „Ganzheitliche Durchdachtheit“ der Funktionalität	
10 Maß der Zufriedenheit		

Abbildung 3.3.1: Aufschlüsselung der Einflussvariablen nach Bereichen

Der Variablensatz wird über die Kriterienmatrix und deren Zuordnung zu verschiedenen Teilbereichen im *Sensitivitätsmodell Prof. Vester®* überprüft. Die Variablen werden den von Verster fest vorgegebenen Kriterien zugeordnet. Dadurch wird sichergestellt, dass im Variablensatz keine entscheidenden Teilbereiche vergessen oder nicht berücksichtigt wurden; siehe hierzu Abbildung 3.3.2. Darin wird gleichzeitig überprüft, ob Ungleichgewichte oder übertriebene Schwerpunkte in einzelnen „Lebensbereichen“ und „Kategorien“ vorhanden sind. In dem in dieser Arbeit zusammengestellten Variablensatz sind alle Teilbereiche ausreichend berücksichtigt worden.

**3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell**

**3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®**

Kriterien	LEBENSBEREICHE							PHYS. KAT.			DYN. KATEGORIE				SYSTEMBEZIEHUNG			
	Wirtschaft	Beteiligte	Raumnutzung	Befinden	Umweltbezug	Infrastruktur	Regeln u. Gesetze	Materialie	Energie	Information	Flussgröße	Strukturgröße	zeitliche Dynamik	räumliche Dynamik	öffnet durch Input	öffnet durch Output	von Innen beeinflussbar	von Außen beeinflussbar
1 Höhe Umwelteinwirkungen					●				○									
2 Höhe stofflicher Verbrauch			○						○					○				
3 Höhe Erstellungskosten	●							○	○	○	●							○
4 Höhe Betriebskosten	●							○			●		○		○			○
5 Höhe Entsorgungskosten	○		○		○			○			●							○
6 Dauerhaftigkeit								●			●		●					
7 Optimierung Instandhaltung						○						○						○
8 Gesundheit der Nutzer		●		●					○					○				○
9 Behaglichkeit der Nutzer			○						●		○							●
10 Maß der Zufriedenheit		○		●						○					○			○
11 Funktionieren integr. Planung		●				●			○			●	○		○			
12 Entscheidungswille Bauherr		●				○			○			○			○			
13 Eff.Überwachung der Ausführ			○				○	○					○	○				
14 Intensität Motivation				●					○									
15 Stärke Konkurrenzdruck						●			○			○				○		
16 Informationsweitergabe						○			○				○			○		
17 Erfüllung technischer Aspekt			○				●	○						●	●			○
18 Durchdachtheit Gestaltung		○							○						○	●		
19 Durchdachtheit Funktionalität	○		●			○						○						
20 rechtliche Anpassung							●											●
<b>Summe:</b>	3,0	4,0	3,5	3,0	2,5	4,5	2,5	3,5	3,0	5,0	5,0	3,0	4,0	2,5	4,0	1,5	5,0	1,0

Abbildung 3.3.2: Überprüfung der Kriterienmatrix auf Abdeckung aller Teilbereiche dargestellt im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

**3.3.1.2 Einflussvariablen aus dem Bereich Nachhaltigkeit**

Ausgehend von der Untergliederung des Begriffs Nachhaltiges Bauen in Teilbereiche (Kapitel 2.2) und in einer weiteren Ebene in Schutzziele, werden für die einzelnen Aspekte Einflussvariablen definiert. Die herausgearbeiteten Variablen haben einen Einfluss auf die jeweiligen Schutzziele in den Teilbereichen der Nachhaltigkeit. Dargestellt werden die einzelnen der Nachhaltigkeit zugeordneten Einflussvariablen in den blauen Kästen in Abbildung 3.3.3.

Überprüft wurde die Auswahl und Definition der Variablen an den ausführlichen Kriteriensteckbriefen, die zur DGNB und BNB-Zertifizierung eingesetzt werden. Diese enthalten eine sehr umfangreiche Kriterienliste von für das Bauen zu beachtenden Nachhaltigkeitsaspekten. Die Zuordnung ist im Anhang, Kapitel 11.1, dargestellt. Die Gewichtungen und Gruppierungen im DGNB-System werden jedoch für die Betrachtung im System der Wechselwirkungen von Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität nicht übernommen. Die Gewichtung in den einzelnen Kriteriensteckbriefen, sowie die Gewichtung im Gesamtsystem der DGNB / BNB sind nicht Gegenstand der Arbeit.

Einige der Variablen beziehen sich nicht eindeutig nur auf Belange der Nachhaltigkeit, sondern schließen Qualitätsniveaus mit ein. Hier erfolgt eine Zuordnung zu Bereichen der Nachhaltigkeit oder der Qualität. Die Wechselwirkungen finden zwischen allen Einflussvariablen statt.

Die Variablen 18 „Ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung, 19 „Ganzheitliche Durchdachtheit“ der Funktionalität, 13 Effizienz der Überwachung der Ausführung, 12 Entscheidungswille des Bauherrn und 11 Funktionieren der integralen Planung, die auch einen Beitrag zum nachhaltigen Bauen

**3.**  
**Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell**

**3.3**  
**Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®**

leisten, werden in den folgenden Kapiteln der Einflussvariablen aus dem Bereich Prozess- und Produktqualität behandelt. Diese werden deshalb in Klammern dargestellt.

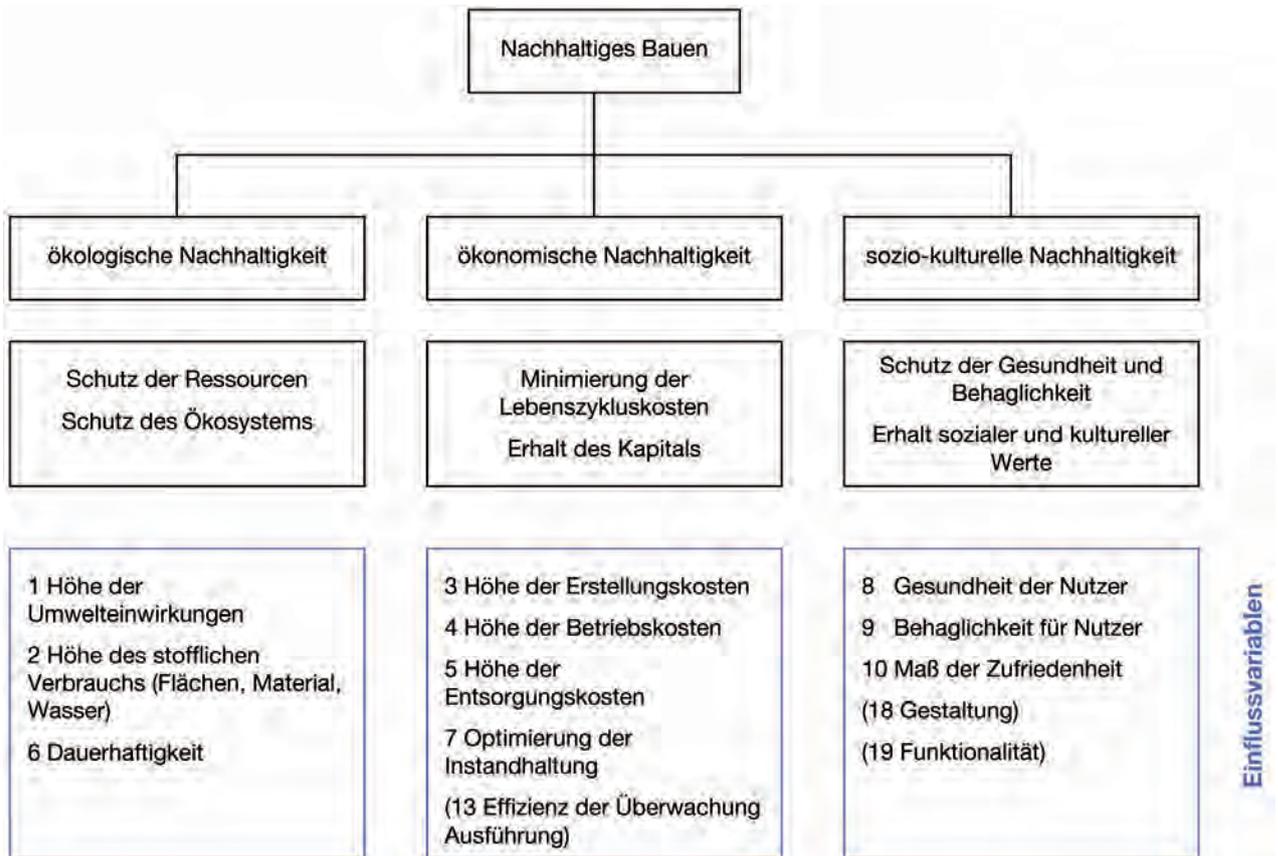


Abbildung 3.3.3:  
 Aspekte des Nachhaltigen Bauens und deren Eingang in das System der Einflussvariablen

Durch den Themenkomplex der Nachhaltigkeit ergeben sich im Baubereich einige Handlungsschwerpunkte, die sich auch in den zugeordneten Einflussvariablen wiederfinden.

- „Schonender Einsatz von Materialressourcen, Einbau nachhaltiger und langlebiger Konstruktionen, Vermeidung von Verbundstoffen und Einsatz gut recyclebarer Materialien
- Verstärkter Einsatz von regenerativen Energiequellen (Geothermie / Biomasse, Solarthermie / Photovoltaik, Wind- und Wasserkraft)
- Reduzierung des Energiebedarfes in der Nutzungsphase durch ein standortgerechtes Energiekonzept, optimale Wärmeverteilung, bedarfsgerechte Raumklimatisierung und einen niedrigen Primärenergieeinsatz.
- Förderung von Gesundheit und Behaglichkeit durch Verwendung gesunder Materialien, guter Luftqualität, hoher thermischer Behaglichkeit, visuellem und akustischem Komfort und Vermeidung schädlicher Emissionen

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

- Reduzierung des Trinkwasserverbrauches durch Regenwasser- / Abwassermanagement, Entsiegelung von Flächen, Dachbegrünungen und gezielter Versickerung
- Reduzierung des Energiebedarfes durch Einsatz hochgedämmter Fassadensysteme (Hüllflächendämmung), optimaler Wärmeverteilung, bedarfsgerechter Raumklimatisierung, effizienter Beleuchtungstechnik und eines niedrigen Primärenergieeinsatzes.“  
[Schwaner 2009, Seite 211]
- Optimierung der Nutzungsphase eines Gebäudes durch optimierte Erhaltungszyklen, angepasste Betriebstemperaturen und Nutzung intelligenter Kontrollsysteme

#### Energetische Betrachtung

Die Energieeffizienz eines Gebäudes ist ein sehr wichtiger Teil nachhaltigen Bauens und neben der Wahl der Baustoffe die entscheidende Größe für die Kohlenstoffbilanz eines Gebäudes. In einem energetischen Konzept für das zu errichtende Gebäude müssen daher alle Fragen des Standortes (Klima, Ausrichtung, Belichtung, etc.), der Haustechnik und der Außenhülle schon frühzeitig integral untersucht werden.

Ziel ist die Minimierung des (End-)Energie-Verbrauchs in der Nutzung und die Vermeidung von sommerlicher Überhitzung. Die zu veranschlagende Primärenergie über den gesamten Lebenszyklus soll möglichst gering sein. Die dazu benötigte Primärenergie soll (soweit möglich) in der unmittelbaren Umgebung produziert und / oder aus erneuerbaren Energiequellen stammen. Zu einem energetischen Konzept gehören die frühzeitige Planung der Ausrichtung des Gebäudes, natürliche Belichtung und optimierte Kunstlichtversorgung, Beschattung im Sommer und die effiziente Wärme- / Kälteerzeugung.

Diese Konzeptionen müssen frühzeitig im Entwurf und in der Planung der Ausführung integriert werden (Einflussvariable *11 Funktionieren der integralen Planung*). Die Integration des Energiekonzeptes in die Architektursprache wirkt sich auch auf die Variable *18 „ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung* aus.

Die Einflüsse der energetischen Betrachtung werden neben den oben genannten Variablen in die Einflussvariablen *1 Höhe der Umweltwirkungen* von der ökologischen Seite, *4 Höhe der Betriebskosten* als Höhe des Energieverbrauchs und damit der dafür anfallenden Kosten (ökonomische Seite) und *9 Behaglichkeit* als Nutzerabhängige Variable aufgeteilt. Damit wird das Thema der Energie von verschiedenen Seiten betrachtet und ist in verschiedenen Einflussvariablen enthalten.

#### 3.3.1.3 Einflussvariablen aus dem Bereich Prozessqualität

Ausgehend von der Untergliederung in Prozess- und Produktqualität und der Zuordnung und Zusammenfassung einzelner Aspekte, werden einzelne Einflussvariablen definiert, siehe hierzu auch Kapitel 2.3.2.2.

In den blauen Kästen in Abbildung 3.3.4 und 3.3.5 sind die zugeordneten Einflussvariablen dargestellt.

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

#### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

Neben der Qualität des fertigen Bauwerks ist die Qualität der Dienstleistung und der Projektabwicklung für den Projekterfolg und die Kundenzufriedenheit wichtig. Diese wird mit Prozessqualität bezeichnet und in diesem Abschnitt näher betrachtet. Die Wichtigkeit der Abwicklung eines Projektes wird damit betont.

In der Projektabwicklung überwiegen die abstrakten und nicht leicht messbaren Qualitätsziele, da einzelne Personen die Dienstleistung bestimmen und nicht die technischen, materiellen Eigenschaften des Produktes. In der Baupraxis ergibt sich durch gute (wahrgenommene) Qualität der Dienstleistung in der Vergangenheit ein positives Bild des Unternehmens, das auf weitere gute Arbeit schließen lässt. Qualitativ hochwertig angebotene Leistung trägt dazu bei, neue Kunden zu gewinnen (offensive Effekte), Bindungen zu bestehenden Kunden zu festigen (defensive Effekte) und positiven Einfluss auf Kaufentscheidungen zu nehmen [Zeithaml 2000].

Oft führen nicht ausreichende Projektplanung und Kommunikationsfehler innerhalb der am Bau Beteiligten zu Nacharbeitungs- und Fehlerkosten.

Auch ist eine genaue und überprüfbare Zielsetzung für das Bauvorhaben von großer Bedeutung. Für die Produktqualität in Kapitel 3.3.1.4 sind klare Zuweisungen und Verantwortungen, sowie eindeutige Schnittstellen nötig [Weeber 2003].

Die Optimierung der Kosten ist nicht an bestimmte Phasen eines Projektes gebunden. Durch die Festlegung von unterschiedlichen Kostengrenzen mit gleichem Qualitätsniveau oder der Einhaltung einer Kostengrenze bei gleichzeitiger Reduktion des Qualitätsniveaus haben die Kosten einen direkten Zusammenhang mit den Qualitätsniveaus. Wichtig ist dabei die klare Kommunikation über die Auswirkungen von Kostengrenzen auf die Qualitätsniveaus des Gebäudes mit dem Bauherrn, damit im fertig gestellten Gebäude die vereinbarten Eigenschaften nicht zu stark von der Realität abweichen. Eine kontinuierlicher Abgleich von Kostengrenzen und Qualitätsniveaus ist nötig.

In diesem Zusammenhang ist das magische Dreieck zwischen Kosten, Qualität und Zeit /Termine zu nennen. Die drei Komponenten stehen in einem unauflösbaren Zusammenhang; es lassen sich immer nur zwei Parameter in bestimmten Grenzen unabhängig voneinander bestimmen. Die dritte Komponente wird dann zur Abhängigen. Im Bauwesen herrscht ständiger Kostendruck und auch die Termintreue /Bauzeit spielt eine entscheidende Rolle. Dadurch tritt der Qualitätswettbewerb in den Hintergrund. Ein mangelhaftes Bauwerk und Zeitverzögerungen aufgrund fehlender Qualität im Management führen andererseits zu Auseinandersetzungen zwischen Bauherr und Bauunternehmen.

Um meist im nachhinein unterschiedlichen Ansichten über Qualität, Mängel etc. aus dem Weg zu gehen, ist eine möglichst frühzeitige Festlegung der vom Bauherrn gewünschten, aus fachlicher Sicht notwendigen und wirtschaftlich realisierbaren Eigenschaften eines Bauwerkes notwendig. Dies erfordert frühzeitige und sachliche Auseinandersetzung der verschiedenen Seiten. Schriftliche Fixierung in Form von Zielvereinbarungen hilft schon relativ früh, Missverständnisse auszuräumen. Entsteht ein Mangel aus unerfüllter Erwartung, ist zu klären, ob es sich hierbei um eine berechnete und begründete Erwartung oder um eine Überforderung handelt.

**3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell**

**3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®**

Prozessqualität darf sich nicht auf eine effektive Abwicklung des Bauprozesses beschränken. „Im harten Kampf um Wettbewerbsvorteile in der Bauwirtschaft reicht es nicht aus nur eine geforderte Qualität zu bieten. Umfassende Qualitätssteigerungen des Systems Bauwerk und in der Planung und Erstellung sind Chancen für den Aufbau einer starken Marktposition. Durch das aktive Anbieten von qualitativ überragenden Lösungen am Markt kann ein Vorsprung gegenüber den Wettbewerbern erreicht werden, insbesondere wenn in der Folge die gesteigerte Qualität von den Bauherrn nachgefragt wird. Wettbewerbsvorteile entstehen dadurch, dass Qualität nicht als Problem bearbeitet wird, sondern wenn das Unternehmen von sich aus die Anforderungen an die Qualität beständig erhöht. Insbesondere durch die Einbeziehung von langfristigen Partnern sind so auch große Steigerungen in der Qualität möglich, welche die Konkurrenten in Bedrängnis bringen können.“ [Trost 2006, Seite 102]. Siehe hierzu auch Abbildung 2.3.3: Kano-Modell [Kochendörfer 2007] in Kapitel 2.3.2.1.



Abbildung 3.3.4: Aspekte der Prozessqualität und deren Eingang in das System der Einflussvariablen

Um hohe Qualität des Bauwerkes zu erhalten, müssen alle Planer und Ausführenden ein Qualitätsbewusstsein besitzen, bzw. müssen sie dies immer wieder dargestellt bekommen, um sich der Wichtigkeit ihrer Tätigkeit bewusst zu sein. Der Schnittstellenkoordination kommt besondere Bedeutung zu, damit die Prozesse der an der Planung / Bau Beteiligten aufeinander abgestimmt sind. Über ein Projekthandbuch in dem Nutzung des Gebäudes (mit Funktionen, Gestaltung, Standards, Dauerhaftigkeit), Termine und Kosten

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

(Lebenszykluskosten) festgelegt sind, kann eine klare Definition der Ziele des Bauherrn erfolgen und darüber die Bauqualität umfassend beschrieben werden.

In Teilen des Baubereichs besteht bereits Nachfrage nach Qualität im Bauen: Lange Gewährleistungsfristen und kostenlose Wartung für einen möglichst langen Zeitraum werden in den Verträgen häufig gefordert und auch durchgesetzt.

#### 3.3.1.4 Einflussvariablen aus dem Bereich Produktqualität

Die Produktqualität kennzeichnet die Aspekte des fertig gestellten Bauwerks. Die verschiedenen Qualitätsaspekte der Produktqualität sollen hier kurz beschrieben werden. Es wird auf [Weeber 2003] verwiesen.

Die technische Qualität ist im Baubereich besonders im Fokus, da hier Planungs- und Ausführungsfehler unmittelbar Baumängel und Schäden verursachen können. Die fachliche und rechtliche Diskussion dreht sich dabei meist um die technischen Aspekte.

Hierzu gehört die Qualität der Konstruktion, der Materialien und der Verarbeitung – entscheidend sind letztendlich die allgemeinen Regeln der Technik. Die Bemühungen um diesen Aspekt finden schwerpunktmäßig in der Ausführungsplanung, Leistungsbeschreibung und Bauleitung statt. Schäden werden als wertmindernd, den Gebrauch, die Haltbarkeit, das Erscheinungsbild beeinträchtigende und daher zu behebende Mängel gesehen. Die Grenze zwischen Schaden und Mangel ist immer wieder in der Diskussion, ein Schaden wird jedoch stets als Folge eines Mangels gesehen. Mangel kann aber auch durch Überforderung oder Demotivation entstehen. Technische Qualität lässt sich über diese Definition eingrenzen; siehe hierzu Kapitel 2.3.2.1.

Mängelfreiheit ist aber für Qualitäten, die sich auf funktionale, konzeptionelle Aspekte (Nutzerqualität, Gestaltung) beziehen, nicht ausreichend, gerade weil diese Qualitäten mehr mit individuellen Wertmaßstäben zu tun haben. Prinzipiell wird jeder, der seinen Beruf mit etwas Ehrgeiz betreibt, Qualität sichern wollen und nicht nur Mängel vermeiden.

Hierzu zählt der gesamte Bauentwurf hinsichtlich der räumlichen Organisation und Zweckmäßigkeit, sowie des konstruktiven Systems. Es gehören aber auch die Materialeigenschaften dazu, die z.B. den Gebrauch und die Pflege erleichtern. Funktionale Qualität kann unabhängig davon erreicht werden, mit welchen technischen Mitteln und Qualitätsniveaus sie realisiert wird.

Die Ziele der gestalterischen (und städtebaulichen) Qualität können von der städtebaulichen Seite bis ins Detail des Bauwerkes gehen. Gestalterische Ziele reichen in die funktionalen Aspekte hinein und tragen im Rahmen des „Marketings“ zum Nutzen bei. Diese Qualität kann nur entstehen, wenn sich Bauherr und Architekt, der diese hauptsächlich umsetzt, nicht im Wege stehen.

Hierunter sind Qualitätsaspekte zu verstehen, die in Zusammenhang mit Baumaterialien, Energiekonzepten und Außenraumgestaltung stehen. Diese Qualitäten wurden im Kapitel 2.2 Nachhaltigkeit schon ausführlich behandelt.

Hierunter wird der „Wert“ eines Objektes als Gesamtheit aller ertragsrelevanten Qualitäten und Kosten verstanden [Weeber 2003]. Als Kostengruppen

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

werden die Kosten von Herstellung, Betrieb und Entsorgung, also der gesamte Lebenszyklus betrachtet.

Für die Sensitivitätsanalyse werden den Teilaspekten der Produktqualität in Abbildung 3.3.5 die in dem blauen Kasten dargestellten Einflussvariablen zugeordnet. Diese werden im Kapitel 3.3.1.6 beschrieben. Der Produktqualität können auch Einflussvariablen aus dem Bereich der Nachhaltigkeit zugeordnet werden. Diese stehen dann in Klammern.



Abbildung 3.3.5: Aspekte der Produktqualität und deren Eingang in das System der Einflussvariablen

#### 3.3.1.5 Sonstige Einflussvariablen

Die rechtlichen Rahmenbedingungen beeinflussen das Bauen entscheidend. Deshalb darf dieser Punkt, der nicht direkt der Prozess- und Produktqualität zuzuordnen ist, für die spätere Sensitivitätsanalyse nicht fehlen. Die Einflussvariable rechtliche Anpassung, die von außen auf das Baugeschehen einwirkt, wird in diesem Kapitel behandelt.

Rechtliche Vorgaben für das Bauen sind für diese Arbeit zu unterscheiden in Vorgaben, die die Vergabe von öffentlichen Aufträgen betreffen und Vorgaben, die alle Bauvorhaben betreffen und sich mit Klimaschutzzielen und Nachhaltigkeit beschäftigen. Für diese Arbeit sind rechtliche Änderungen relevant, die sich auf alle Bauvorhaben auswirken.

Auf die rechtlichen Rahmenbedingungen in Europa und in Deutschland im Bereich Klimaschutz und Nachhaltigkeit, die als bisherige Vorgaben und Ziele dienen, wurde in Kapitel 2.2.2.2 Rechtliche Grundlagen eingegangen. Zukünftige Zielsetzungen und Weiterentwicklungen können rechtliche Anpassungen und z.B. Verschärfungen nach sich ziehen. Hierfür steht diese Variable.

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

#### 3.3.1.6 Gesamtsystem der Einflussvariablen

Die Inhalte der einzelnen Einflussvariablen werden im folgenden beschrieben.

#### 1 Höhe der Umwelteinwirkungen

- Einwirkungen auf die Umwelt (über eine Ökobilanz)
- Global Warming Potencial – mit globaler Wirkung
  - Versauerungspotenzial – mit regionaler Wirkung
  - Ozonschichtzerstörungspotenzial
  - Ozonbildungspotenzial
  - Überdüngungspotenzial

Zusammengefasst werden die verschiedenen Einwirkungen auf die Umwelt, die über eine Ökobilanz erfasst werden, wie Primärenergie erneuerbar / nichterneuerbar, Treibhauspotenzial (GWP), Versauerungspotenzial (AP), Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP), Ozonbildungspotenzial (POCP), Überdüngungspotenzial (EP).

Ziel ist es die Einwirkungen auf die Umwelt möglichst gering zu halten.

Je geringer der Ausstoß dieser Gase über den gesamten Lebenszyklus einer Immobilie ist, desto weniger Einwirkungen auf die Umwelt entstehen.

Die zur Zeit noch hohen Einwirkungen auf die Umwelt sollen in allen oben genannten Kategorien verringert werden. Durch die sich laufend verschärfenden Anforderungen an den Energieverbrauch in der Nutzungsphase von Gebäuden werden die Einwirkungen auf die Umwelt verringert. Dies muss aber noch durch zusätzliche Einsparungen von Energie in der Herstellung der Ausgangsprodukte und durch die Auswahl der Materialien verstärkt werden.

#### 2 Höhe des stofflichen Verbrauchs

- aus der Umwelt entnommene Stoffe
- Flächeninanspruchnahme und Ressourcenverbrauch an Boden
  - Frischwasserverbrauch, Abwasseraufkommen
  - Menge der verwendeten Recyclingbaustoffe / wieder verwendbaren Baustoffe und damit geringer stofflicher Verbrauch an Neumaterial
  - Menge der zu entsorgenden Stoffe (Bauschuttdeponie, „gefährlicher“ Abfall, Verbrennung)
  - Primärenergie erneuerbar / nichterneuerbar über den gesamten Lebenszyklus

Neben den Umwelteinwirkungen ist der stoffliche Verbrauch von Rohstoffen, Boden (Flächen) und Wasser in Deutschland auf einem sehr hohen Niveau. Bereiche wie Flächeninanspruchnahme und Ressourcenverbrauch an Boden, Frischwasserverbrauch / Abwasseraufkommen, Menge der verwendeten Recyclingbaustoffe, Menge der zu entsorgenden Stoffe, Energieverbrauch über den gesamten Lebenszyklus gehören zu den Variablen aus der Umwelt entnommene Stoffe.

Ziel ist eine Reduktion des Verbrauches an stofflichen Ressourcen. Der Verbrauch an Frischwasser soll durch die Einbeziehung von Konzepten zu Regenwasser- und Abwassernutzung verringert werden. Der Verbrauch an neuen Baumaterialien kann durch die Verwendung von wieder verwendbaren Baustoffen und Recyclingbaustoffen reduziert werden. Dadurch kann auch die Menge der zu entsorgenden Stoffe und Materialien reduziert werden. Die Reduktion des Verbrauches an Fläche fällt genauso unter diesen Punkt. Je weniger Naturfläche versiegelt wird, desto mehr Fläche kann dem natürlichen Kreislauf erhalten bleiben.

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

Unter diesen Punkt fällt auch die Nutzung erneuerbarer Energien und nachwachsender Rohstoffe. Im Gegensatz zu den vorgenannten Punkten muss hier der zu verwendende Anteil erhöht werden, wobei der Gesamtenergieaufwand verringert und der Gesamtmaterialverbrauch optimiert werden muss.

Ausgangssituation ist z.B. das Abfallaufkommen durch Bau- und Abbruchabfälle, welches im Jahr 2007 202 Millionen Tonnen betrug. Der Anteil des Baubereichs am gesamten Abfallaufkommen von 387 Millionen Tonnen betrug mit 52,2 % somit mehr als die Hälfte des gesamten Aufkommens [Destatis 2009c].

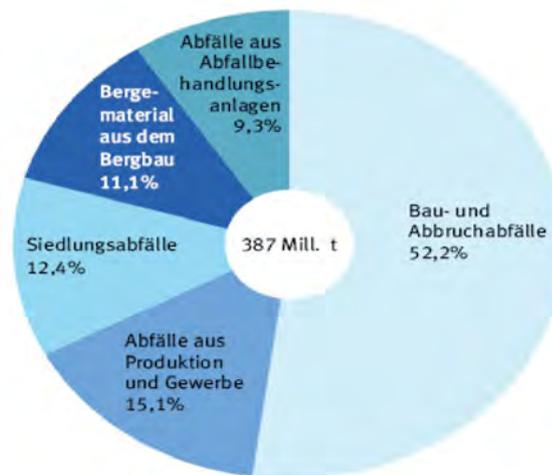


Abbildung 3.3.6: Zusammensetzung des Abfallaufkommens 2007 in Deutschland

Weitere Beispiele sind der Flächenverbrauch pro Einwohner, Energieverbrauch, Ressourcenproduktivität etc. wie sie als Indikatoren im Nachhaltigkeitsbericht der Bundesregierung erscheinen [Destatis 2010]. Die augenblicklich hohen Werte sollen durch die verschiedenen Einsparmöglichkeiten reduziert werden, um die in den Indikatoren festgelegten Zielwerte zu erreichen.

#### 3 Höhe der Erstellungskosten

- vorgegebene Höhe der Kosten
- Optimierung der Kosten
- Einhaltung des Kostenrahmens
- Finanzierungskonzept

Die Lebenszykluskosten werden für diese Arbeit in die Variablen Erstellungskosten, Betriebskosten und Entsorgungskosten aufgeteilt. Denn im Baubereich wird die Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus nur vereinzelt angewendet. Die damit zusammenhängenden Veränderungsmöglichkeiten sollen gezielt untersucht werden. Ziel dieser Variablen ist die Erstellungskosten, Betriebskosten und Entsorgungskosten über den gesamten Lebenszyklus zu optimieren. Dabei muss immer wieder abgewogen werden, ob eine höhere Erstinvestition durch verringerte Folgekosten gerechtfertigt werden kann. Hier kann es keine pauschalen Entscheidungen geben, sondern für jede Bauaufgabe muss eine eigene Abwägung und Berechnung erfolgen.

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

Zu den Variablen Erstellungskosten, Betriebs-, und Entsorgungskosten siehe auch Kapitel 2.2.2.3.

Heute bestehen die Erstellungskosten eines Gebäudes zu 80–90 % aus Kosten der Kostengruppe 300: *Bauwerk – Baukonstruktion* und 400: *Bauwerk – Technische Anlagen* (nach Aufteilung DIN 276). Die Höhe der Erstellungskosten richtet sich nach dem gewünschten Qualitätsstandard und Ausbauniveau.

Bisher konzentriert sich die Planung und der Bau von Gebäuden hauptsächlich auf die Optimierung der Herstellungskosten von Gebäuden. Für eine Entscheidungsfindung wird fast ausschließlich die Höhe der Erstellungskosten herangezogen; Folgekosten spielen selten eine Rolle. Auch wird der Umstand, dass (frühzeitige) Planungsentscheidungen weitreichende Auswirkungen auf die späteren Betriebskosten und die gesamten Lebenszykluskosten haben, dabei nicht beachtet; vgl. hierzu auch [DGNB-NV09 2009, Kriteriensteckbrief 16: Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus].

Ziel muss die Kostenoptimierung auf Grund von Lebenszykluskostenberechnungen sein.

#### 4 Höhe der Betriebskosten

Wirtschaftlichkeit über die Betriebsphase

- Kosten im laufenden Betrieb (Ver- / Entsorgung, Heizen / Kühlen, Abfall, Reinigung, Außenanlagen)
- Reparatur im laufenden Betrieb (Wartung, Instandhaltung)
- Berücksichtigung der Facility Management-Gedanken
- Erstellung aussagekräftige Objektdokumentation / Nutzerhandbuch (Wartung-, Pflege-, Betriebsanleitungen)

Schon in der Planungsphase sollte eine Wirtschaftlichkeit über die Betriebsphase angestrebt werden. Bei der Zielsetzung im Bezug auf Betriebskosten ist zu unterscheiden zwischen Zielen für die investierende Seite / Bauherr und Zielen für die Nutzer.

Der Bauherr möchte eine wertbeständige Immobilie, bei der die Kosten des Werterhaltes minimiert sind, und die Anforderungsprofile der Nutzer erfüllt werden – wie Energieeinsparung und immer öfter Berücksichtigung von ökologischen Kriterien, kostenoptimierte Bewirtschaftung, Wertsteigerung und kostenoptimierter Betrieb, wobei bei richtiger Werterhaltung ein Komfort für die Nutzer geschaffen / erhalten wird.

Der Nutzer möchte, bei Kostensicherheit im Betrieb, eine sichergestellte Funktionalität mit hoher Verfügbarkeit des Gebäudes und der Anlage. Die durch die Gestaltung beeinflussten Arbeitsplatz- und Wohnqualitäten sollen zu hoher Nutzerzufriedenheit führen.

Anzustreben ist eine ganzheitliche Kostenbetrachtung mit der die Investitionskosten im Hinblick auf Betriebs- und Folgekosten, die Erweiterbarkeit und die Nutzeranforderungen überprüft werden. Bei den technischen Gewerken sind die Erstellungskosten, die Lebensdauer der Anlage und der Instandhaltungsaufwand zu betrachten, mit dem Ziel die Kosten über den gesamten Lebenszyklus zu optimieren, was für die Betriebskosten bedeutet, diese bei konstantem Qualitätsniveau möglichst gering zu halten. In der Ausführungsplanung sollte die später im Betrieb stattfindende Unterhaltsreinigung durchgespielt werden, da sie bei den Betriebskosten einen großen Kostenfaktor darstellt. Eine umfängliche und präzise Dokumentation der Planung und der

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

Ausführung (inklusive Bedienungsanleitungen) ist erforderlich, um bei späteren Umbauten und Sanierungen darauf zurückgreifen zu können.

Nach einer Anfang 2008 veröffentlichten Studie von Jones Lang LaSalle [JLL 2008] ist die Bereitschaft der Mieter von Büroimmobilien höhere Mieten für nachhaltig ausgerichtete Immobilien zu bezahlen an die Einsparung von Betriebskosten gekoppelt, so dass insgesamt keine höheren Kosten entstehen. Die (nicht quantitativ messbare) Möglichkeit, dass Aspekte wie Gesundheit und Behaglichkeit für die Büronutzer einen Zusatznutzen stiften, wird positiv bewertet.

In der Umsetzung in die alltägliche Praxis erweist sich die Lebenszyklusbetrachtung noch als schwer handhabbar. Das Wissen über die Kosten in der Erstellung muss mit dem Wissen über die Betriebs- und Instandhaltungskosten verknüpft werden. Dies erfolgt z.Z. nur von Spezialisten für Lebenszyklusbetrachtungen oder Fachleuten aus dem FM-Bereich. Auch muss die Betrachtungsweise noch in die Ausschreibungen integriert und eine Wertung darauf ausgerichtet werden. Den günstigsten Anbieter für Lebenszykluskosten auszuwählen ist noch nicht erprobt.

Aus verschiedenen Studien – siehe hierzu [Miller 2008], [Fuerst 2009] und [Eichholtz 2009] – geht hervor, dass Projekte in den USA, die mit einem Öko-Label wie Leed oder energyStar ausgestattet sind, um 3–7 % höhere Mietpreis einbringen und auch teurer wieder verkauft werden können. Diese Studien sind für den deutschen Markt nicht eindeutig zu übernehmen, da sich durch den hohen Standard und die Vorschriften der Bauten in Deutschland, die Gebäude in ihren Qualitätsniveaus nicht so stark voneinander unterscheiden. Grundsätzlich wird aber davon ausgegangen, dass diese Ergebnisse auch hierzulande im Ansatz zutreffen.

#### 5 Höhe der Entsorgungskosten

- Kosten für Bauteile, Baustoffe und Trennung (Rückbau, Altlastenentsorgung)
- Wiederverwendung von Teilen (z.B. wegen hoher Entsorgungskosten)

Das Leitbild der nachhaltigen Abfall- und Ressourcenwirtschaft umfasst die vollständige und möglichst hochwertige Verwertung von Siedlungsabfällen. Mittelfristig ist die Schließung von oberirdischen Deponien geplant. Im Eckpunktepapier des Bundesumweltministeriums (1999) wurde dies bereits als „Ziel 2020“ formuliert. Großer Bestandteil dieser Strategie ist die thermische Abfallbehandlung in fortschrittlichen Müllverbrennungsanlagen [Vogt 2008]. Auch ein Teil der Bauabfälle kann in Müllverbrennungsanlagen verwertet werden. Teile wie z.B. Metalle werden wieder verwendet. Andere Materialien sind zum heutigen Zeitpunkt jedoch nicht wieder verwendbar oder verwertbar. Diese müssen auf Deponien endgelagert werden. Vor allem wenn sie als nicht unbelastet gelten, wird dies teuer und aufwendig.

Aussagen über Entsorgungskosten können nur auf der Basis heutiger Entsorgungswege angegeben werden. Die Entsorgungskosten sind starken Preisschwankungen unterworfen, gerade belastete Abfälle weisen durch die begrenzten Möglichkeiten der Lagerung tendenziell steigende Kosten auf.

Für LCC und LCA-Berechnungen wurden für verschiedene Materialien unterschiedliche Entsorgungsszenarien in Deutschland festgelegt.

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

#### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

Als materialspezifische Szenarien werden umgesetzt [nach König 2009]:

- Recycling ohne Änderung der Stoffeigenschaften wird vor allem für Stahl angenommen,
- Deponierung von unbelastetem Bauschutt,
- Thermische Verwertung von brennbaren Materialien wie Kunststoffe, Holz,
- Bauschuttzubereitung von z.B. Beton und Verwendung des Recyclingmaterials.

Verschiedene Datensätze zu den einzelnen Szenarien sind in der Ökobaudat hinterlegt.

Die einzelnen Entsorgungsszenarien und die Einordnung der Materialien hierzu sind nicht unumstritten. Verschiedene Forschungen sind angestoßen, die Entsorgungsszenarien einzelner Materialien zu überdenken. Durch die relativ hohe durchschnittliche Lebensdauer von Bauwerken werden viele der heute verbauten Baustoffe erst in 50 bis 100 Jahren entsorgt werden müssen. Somit stellt der Baubereich ein großes Zwischenlager für Baustoffe dar. Dieses kann als wichtige Ressource für zukünftige Baustoffe dienen, vgl. hierzu [DGNB-NV09, Kriterium 42].

Zu entsorgendes Material entsteht allerdings nicht nur bei Abbruch eines Gebäudes, sondern eine gewisse Menge an Material entsteht auch bei Instandhaltungsmaßnahmen. Die dafür anfallenden Entsorgungskosten werden dann den Betriebskosten zugeordnet (Einflussvariable 4 *Betriebskosten*).

### 6 Dauerhaftigkeit

von Konstruktionen und Bauteilen

- Konstruktionen mit Baustoffen gleicher Lebensdauer, Details auf Langlebigkeit ausrichten
- Trennbarkeit von Konstruktionen (Primär-, Sekundär-, Tertiär-Konstruktion)
- Einfacher Austausch, Ergänzungsmöglichkeiten
- Überlegungen zu Verbindungsmöglichkeiten / lösbare Verbindungen
- (Konstruktiver) Schutz vor Witterungseinflüssen

Die mittlere Lebensdauer von Bauteilen wurden im Leitfaden nachhaltiges Bauen des BMVBS aus dem Jahre 2001 festgelegt, wie sie für eine Ökobilanzierung in Deutschland anzunehmen sind. Die Daten werden zurzeit in detaillierter Form erhoben und stehen als Zwischenergebnis auf dem Internetportal: *Nachhaltiges Bauen* des BMVBS zur Verfügung. Allerdings sind nicht alle Materialien erfasst und die Ergebnisse noch nicht offiziell freigegeben [BMVBS 2010]. Die gesamte Konstruktion ist im Rahmen einer LCC- (und LCA) Analyse dahingehend zu optimieren, dass die Lebensdauern der einzelnen Materialien in einer Konstruktion aufeinander abgestimmt sind. Neben der Dauerhaftigkeit der Konstruktion gehören zu diesem Themenbereich auch die spätere Wiederverwendung und Verwertung.

Für eine spätere Verwertung und Wiederverwendung ist bereits im Planungsprozess darauf zu achten, dass

- „der energetische und zeitliche Aufwand für zerstörungsfreie Demontage, Trennbarkeit verschiedener Materialien und Aufbereitung gering bleibt,

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

- keine die Verwertung einschränkende Kontaminationen chemischer oder physikalischer Natur vorhanden sind,
- möglichst großteilige Elemente ohne Beschädigungen verfügbar sind,
- Verbundmaterialien möglichst sparsam eingesetzt werden, da sie nicht trennbar sind,
- eine Verwertung auf hohem technischen Niveau mit optimierter Wertschöpfung entsprechend den regionalen Gegebenheiten erfolgen kann und
- das thermisch nutzbare Potenzial erhalten bleibt und schließlich genutzt wird.“ [Merl 2006] Für Holzprodukte bedeutet dies eine mögliche Kaskadennutzung. Bei Stahl sollte die Konstruktion wieder zerlegbar sein, um den daraus resultierenden Stahlanteil wieder dem Rohmaterial zuführen zu können.

Ziel ist der Einsatz von dauerhaft, wartungsarmen Bauteilen mit langer Lebensdauer und ein geringer und optimaler Unterhaltungsaufwand.

### 7 Optimierung der Instandhaltung

#### Instandhaltungsmanagement

- Laufender Wartungsdienst, jährliche Überprüfungen, Instandsetzung, Ersatz von Teilen / TGA nach Beendigung der Lebensdauer des Bauteils
- Optimierung Instandhaltungskosten und Instandhaltungszyklen
- Weiterführung / Pflege aussagekräftige Objektdokumentation (immer auf dem aktuellen Stand)
- Systematische Inbetriebnahme und Einregulierung

Durch den Klimawandel kommt es zu einer Häufung von Extremwetterereignissen. Gerade die Gebäudehülle ist hiervon besonders betroffen.

Die Konstruktion sollte auf den Schutz vor Witterungseinflüssen reagieren. Der erhaltenden Bauvorsorge und kontinuierlichen Instandhaltung kommt deshalb ein hoher Stellenwert zu. Regelmäßige Kontrolle und sachgerechte Wartung sind unerlässlich, um große Gebäudeschäden und Gefahren abzuwenden [BBR 2008].

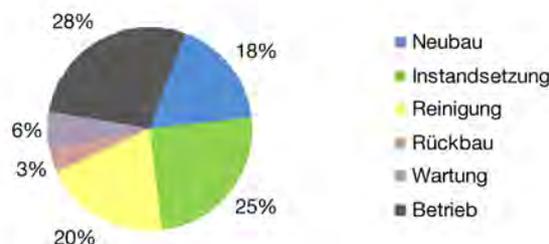


Abbildung 3.3.7: ökonomischer Einfluss der verschiedenen Bereiche über den Lebenszyklus (80 Jahre) einer Immobilie [Sohm 2009, Seite 45]

Die Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit eines Gebäudes hat einen großen Einfluss auf die Betriebskosten und Umweltwirkungen. Nur Bauteile, die eine optimale Instandhaltung erfahren, erreichen die maximal mögliche Lebensdauer. Ungefähr die Hälfte der Lebenszykluskosten einer Immobilie entstehen durch die Reinigung und Instandsetzung. Wie in Abbildung 3.3.7 dargestellt, haben diese Kosten einen viel größeren Anteil an den Lebens-

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

zykluskosten als die Erstellungskosten. Siehe hierzu auch die Kriteriensteckbriefe der DGNB [DGBN-NV 09]. Instandhaltungszyklen haben durch Materialverbrauch auch einen Einfluss auf die Input- und Output-Ströme in der Ökobilanz.

Für die Instandhaltung ist zu unterscheiden zwischen verschiedenen Konzepten.

- es wird keine Instandhaltung gemacht, Konstruktionen und Technik werden bis zum Versagen benützt.
- eine konsequente vorbeugende Instandhaltung wird durchgeführt. Die Konstruktion wird in regelmäßigen Abständen erneuert, die Technik wird planmäßig gewartet.
- die vorbeugende Instandhaltung wird optimiert, indem durch individuell angepasste Wartungszyklen, Reinigungs- und Austauschzyklen versucht wird die Lebensdauer der einzelnen Teile zu optimieren.

### 8 Gesundheit der Nutzer

- Krankheitstage von Mitarbeitern
- Sick-building-syndrom
- TVOC – Schadstoffkonzentration in Innenräumen (humantoxikologische Betrachtung)
- barrierefreier Zugang zum Gebäude
- Möglichkeit mit Fahrrad zu kommen (Stellplatz / Dusche)

In unserer Region halten sich die Menschen zu mehr als 80 % ihrer Arbeitszeit in Büros und anderen Innenräumen auf. Deshalb ist es wichtig, dass diese Räume so gestaltet sind, dass die Nutzer produktiv arbeiten und sich rasch erholen können [Sedlbauer 2010].

Der Einsatz von Baustoffen und Bauprodukten, die während ihrer Nutzung, Verarbeitung auf der Baustelle oder der Beseitigung ein Risiko für Mensch oder Umweltmedien (Wasser, Boden, Luft) sein können, soll verringert werden. Das sick-building-syndrom hat sich als neues Krankheitsbild bei der Arbeit in klimatisierten Hochhäusern und Großraumbüros herausgebildet. Durch bauliche und haustechnische Berücksichtigung sollten Voraussetzungen (in Variable 9 *Behaglichkeit*) geschaffen werden, dass dies nicht auftritt.

Der Nutzer möchte eine sichergestellte Funktionalität mit hoher Verfügbarkeit des Gebäudes und der Anlage bei Kostensicherheit im Betrieb (Einflussvariable 4 *Betriebskosten*). Arbeitsplatzqualitäten sollen zu hoher Nutzerzufriedenheit führen. Ebenso ist der Nutzer an der Vermeidung von gesundheitlichen Beeinträchtigungen und Risiken interessiert.

In der heutigen dienstleistungsorientierten Arbeitswelt ist die Gesundheit der Mitarbeiter ein sehr wichtiges Gut der Unternehmen. Von verschiedenen Verbänden – siehe hierzu [Forum 2009] und [BKK 2009] – wird die Gesundheitsförderung als eine moderne Unternehmensstrategie angesehen. Hierbei wird eine gesunde Arbeitsumgebung als Grundlage gesehen; zusätzlich ist aber das gesundheitsbewusste Verhalten der Beschäftigten gefordert.

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

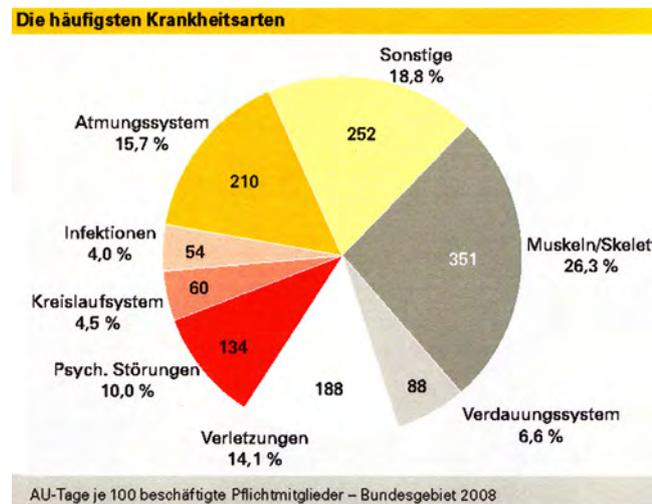


Abbildung 3.3.8:  
Die häufigsten Krankheitsarten in 2008 aus: [BKK 2009, Seite 12]

Aus der Abbildung 3.3.8 ist zu erkennen, dass der Anteil an Muskel / Skelett-Erkrankungen hoch ist. Dies ist auch auf die starke Belastung des Muskel-Skelettsystems durch das ständige Sitzen und Arbeiten am Computer zurück zu führen. Seit einigen Jahren wird bei Gesundheits- und Arbeitswissenschaftlern auch der Anteil der psychischen Störungen als vierthäufigste Krankheitsursache (mit steigender Tendenz) beobachtet. Hierzu zählen psychische Erschöpfung bis hin zum Burn-out, Depressionen und Angststörungen [Kleinschmidt 2009].

Ziel muss es demnach sein, durch angenehme Temperaturen, eine gute Gestaltung der Räume sowie die individuellen Einstellmöglichkeiten von technischen Einrichtungen wie Sonnenschutz, Beleuchtung, Heizung, Lüftung und Kühlung (Einflussvariable 9 *Behaglichkeit der Nutzer*) die Zufriedenheit und damit Produktivität der Nutzer (Einflussvariable 10 *Zufriedenheit der Nutzer*) zu steigern, siehe hierzu [Müller 2009]. Ziel ist auch eine Sicherstellung von Innenraumlufthqualität, die nicht zu negativen Effekten in Bezug auf die Befindlichkeit der Raumnutzer führt, hygienische Sicherheit garantiert und die Sicherstellung einer empfundenen Luftqualität gewährleistet, bei der den Raumnutzern keine negativen Geruchseindrücke bleiben [DGNB-NV09 Steckbrief 20].

Materialien, die möglichst keine Schadstoffe enthalten oder die Grenzwerte dafür deutlich unterschreiten, sollten gerade für die Innenräume ausgewählt werden. Als innenluftrelevante Gewerke sind zu nennen: Bodenbelagsarbeiten, Maler- / Lackiererarbeiten, Tischlerarbeiten und Holzbauarbeiten. Neben der Produktwahl kann auch die Konstruktionswahl (z.B. Klemmen statt Kleben), die genaue Überwachung der Bauausführung, sowie Messungen, Abnahmeprotokolle und Dokumentation (inklusive aufbewahrter Sicherheitsdatenblätter) zur Schadstoffvermeidung beitragen. Ebenso ist im Rahmen der bauphysikalischen Untersuchungen zu überprüfen, dass in oder auf den Konstruktionen kein schädliches Tauwasser auftritt, um Schimmelbildungen zu vermeiden. Luftdichte Konstruktionen vermeiden Konvektionsströmungen, die ebenso zu Schimmelwachstum begünstigendem Feuchteintrag führen können [Praxischeck 2010].

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

Zusätzlich wirken sich positiv aus: Barrierefreiheit und Möglichkeiten mit dem Fahrrad oder zu Fuß zur Arbeitsstätte zu gelangen. Eine angemessene Zahl von Fahrradstellplätzen, Duschen etc. müssen hierfür eingeplant werden.

#### 9 Behaglichkeit der Nutzer

Energiekonzept (Wärme, Kälte, Lüftung, Licht, Strom) und Integration des Energiekonzeptes in Architektur. Dies äußert sich in:

- Thermischer Komfort Winter
- Thermischer Komfort Sommer
- Luftfeuchtigkeit
- Lichtqualität
- akustische Qualität

Durch die Folgen des Klimawandels kommt dem sommerlichen Wärmeschutz eine immer größere Rolle zu. Gebäude müssen zukünftig durch verschiedenste aktive und passive Maßnahmen auf die Reduzierung der Wärme im Inneren des Gebäudes geplant und ausgerichtet werden. Dabei sollten erst die passiven Maßnahmen ausgeschöpft werden, bevor zusätzliche aktive Maßnahmen eingesetzt werden.

Die Behaglichkeit an Büroarbeitsplätzen bildet eine Grundlage für leistungsförderndes und effizientes Arbeiten. Die Akzeptanz mit dem Raumklima wird zum einen durch die Faktoren thermische Behaglichkeit, Luftqualität, Beleuchtung und Lärm beeinflusst, ist aber auch stark von der Einflussnahme der Nutzer abhängig. Beides äußert sich in einer Zufriedenheit mit dem Gebäude. Siehe hierzu [DGNB-NV 09], [Müller 2009]. Die Behaglichkeit im Gebäude beeinflusst die Leistungen der Mitarbeiter.

#### 10 Maß der Zufriedenheit

- Qualitäten im Gebäude (Büroausstattung, Materialität, Lautstärke, Behaglichkeitskriterien)
- Beeinflussbarkeit des Zustandes durch Nutzer (Regelung Heizung, Licht, Verschattung, Fenster öffnen)
- Bedienerkomfort
- Aufenthaltsqualität, Außenraumgestaltung, Identifikation mit Gebäude
- Sicherheit (Diebstahl, äußere Einwirkungen)

Neben der energetischen Optimierung der Gebäudehülle spielt die Ausrichtung auf den Nutzer eine heute oft vernachlässigte Rolle. Hierbei müssen verschiedene Fragestellungen erörtert werden: Kann der Nutzer die ihm angenehme Temperatur selbst (raumweise) einstellen, kann Verschattung individuell gesteuert werden und sind Fenster zu öffnen. Die Haustechnik, insbesondere Lüftungs- und Klimatechnik, ist nach Fertigstellung des Gebäudes einzuregulieren und muss danach regelmäßig gewartet werden, um eine optimale Funktion zu gewährleisten.

Die Zufriedenheit mit dem Gebäude ist durch die Einflussvariablen 8 *Gesundheit der Nutzer* und 9 *Behaglichkeit der Nutzer* beeinflusst. In [Müller 2009] wird dargestellt, dass die Gestaltung und Organisation des Arbeitsumfeldes und die Sauberkeit in den Räumen großen Einfluss auf das Wohlbefinden haben.

Neben dem Wohlbefinden haben auch die Gestaltung (Einflussvariable 18 „*ganzheitliche Durchdachtheit*“ der Räumlichkeiten), sowie des Außenraums, die Identifikation mit dem Gebäude und die Sicherheit einen Einfluss auf die Zufriedenheit der Nutzer. Obwohl diese Faktoren nicht

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

quantifizierbar sind, gibt es dennoch Studien ([JLL 2008], [Müller 2009]), die einen Mehrwert durch diese Faktoren nahelegen. Gerade für den gehobenen Bereich des Bürobaus werden diese soft-facts im Kampf um potenzielle Mitarbeiter immer wichtiger.

Die Zufriedenheit der Nutzer ist nicht ausschließlich vom Gebäude abhängig, sondern ist auch bedingt durch das Betriebsklima und den Informationsstand der Nutzer. Diese Faktoren liegen außerhalb des Systems.

#### 11 Funktionieren der integralen Planung

allgemein für Planungsbüro:

- integrale Planung (Optimierung Planungsablauf, Qualität der Planung)
- klare Zuweisung von Verantwortungen / Vollmachten, Schnittstellen
- festgelegte Kommunikationsstruktur, (im Büro und nach extern)
- aktueller Wissensstand der Mitarbeiter

für Bauvorhaben:

- detaillierte Festlegung eines Pflichtenhefts (EnEV- Unterschreitung, Büroraumqualität (Klassen nach DIN 15251), Energiekonzept, Nutzungskonzept, ökologisches Profil)
- Berücksichtigung der Nutzeranforderungen
- Meilensteine / Termine geklärt
- Ausschreibung und Vergabe: Berücksichtigung Kriterien der Nachhaltigkeit
- Erstellung aussagekräftige Objektdokumentation

Die Anforderungen an Bauwerke werden immer höher und die Gebäude gleichzeitig immer komplexer. „Die serielle Planung, bei der das Planungsteam arbeitsteilig vorgeht und erst am Ende der Planung vollständig ist und sich die Verantwortung zwischen den an der Planung Beteiligten laufend verschiebt, konnte die Zunahme an Komplexität nicht mehr voll bewältigen. Zur Überwindung dieser Probleme wurde das Konzept der integralen Planung entwickelt, das sich mehr und mehr durchsetzt. Unter dem Begriff integrale Planung versteht man eine Vorgehensweise, bei der das Planungsteam schon bei Beginn der Planung besteht, Bauherrenvertreter beteiligt sind und in Einzelfällen auch bauausführende Unternehmen bereits in frühen Planungsstadien mit einbezogen werden können.“ [König 2009, Seite 78].

Eine frühzeitige Beauftragung der an der Planung Beteiligten und ein integraler Planungsprozess tragen entscheidend zum Planungserfolg bei. Die frühzeitige Einbeziehung von Fachplanern ermöglicht konzeptionelle und konstruktive Veränderungen ohne große Zeitverluste einbeziehen und abstimmen zu können. Auf der Basis eines Entwurfskonzepts mit energetischen Überlegungen aufbauend, können in einem iterativen Prozess die thermischen Gebäudesimulationen, Detail- und Ausführungsplanung mit Integration aller Teilaspekte (von Brandschutz über Schallschutz bis Haustechnik) und die Kalkulation zu Herstellungs- und Betriebskosten durchgeführt und optimiert werden. Damit werden alle Einzelplanungen zusammengefasst und eine Rückkoppelung von Fachthemen in den Entwurf frühzeitig ermöglicht. Während der Planung sollte das Team möglichst kontinuierlich und ohne Wechsel im Team arbeiten, um die Informationsverluste zu minimieren. Ein Hilfsmittel ist der verstärkte Einsatz von neuen Planungswerkzeugen, die ein Gebäude vollständig abbilden, Teilplanungen integrieren und Prognosen und Simulationen für Phasen erlauben, die über die Herstellung hinaus gehen. Dies könnte mit einem building information model (BIM), welches eine dreidimensionale Planung und ein virtuelles Gebäudemodell erfordert, umgesetzt

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

werden, siehe hierzu [Koppinen 2008]. Noch steht allerdings die ungefilterte Datenvielfalt einem effizienten Einsatz der Hilfsmittel entgegen.

Für die einzelnen Bauvorhaben ist es ebenso wichtig, dass frühzeitig Zielvorgaben mit dem Bauherrn vereinbart werden. In der heutigen Planung geht man davon aus, dass die Planungsabläufe geregelt und Schnittstellen definiert sind. In dem Planungsalltag zeigt sich allerdings oft, dass dies nicht eindeutig geregelt ist. Hier ist ein mit dem Bauherrn abgestimmtes Pflichtenheft hilfreich. Es besteht ein großes Verbesserungspotenzial in einer strukturierten Bedarfsplanung, die der Planungsseite vorgegeben wird und aus der ein detailliertes Pflichtenheft mit Abarbeitung von Meilensteinen erarbeitet werden kann. Eine eindeutige und kontinuierliche Kommunikationsstruktur zwischen den Beteiligten ist erforderlich. Als Grundlage sind innerhalb der einzelnen Planungsbüros klare Zuweisungen von Verantwortungen und die Schnittstellen zu anderen Planungsbeteiligten zu definieren. Es muss geregelt sein, wer was nach außen vertreten darf und unter den Planern auch, wer wem etwas vorgeben kann. Eine kontinuierliche Weiterbildung von Mitarbeitern ist erstrebenswert.

12 Entscheidungswille des Bauherrn

allgemein:

- Interner Abstimmungsprozess, Entscheidungswille
- Konstruktive Zusammenarbeit
- Auswahl der Baufirmen

für Bauvorhaben:

- Herausarbeiten von Anforderungen / Bedarfsplanung
- Festlegung eines genauen Zielkataloges mit Definition der zu bringenden Qualitäten
- Budgetierung für Erstellung und Betrieb
- Vermietbarkeit (langfristig) und Rentabilität für Bauherrn = Wertstabilität

Der Bauherr erwartet die Verwirklichung einer wertbeständigen Immobilie, bei der die Kosten des Werterhaltes minimiert sind. Gleichzeitig soll eine kostenoptimierte Bewirtschaftung möglich sein. Denn durch richtige Werterhaltung kann die Zufriedenheit der Nutzer erhalten bleiben.

Die Einflussmöglichkeiten auf ein Bauprojekt sind in den frühen Planungsstadien besonders groß. Eine genaue Präzisierung der Vorstellungen, Beweggründe und Anforderungen der Bauherren an das Bauvorhaben tragen entscheidend zum Bauerfolg bei. Je klarer die Ziele und Bedürfnisse der Bauherren in Eigenschaften für das Bauvorhaben (durch festgelegte Qualitätsniveaus) angegeben werden können, umso besser kann die Bauaufgabe beschrieben werden. Eine frühzeitige Zielvereinbarung ist hierfür hilfreich.

Je eindeutiger der Bauherr die Verwirklichung der angestrebten Ziele durchsetzt und eine zeitnahe Abstimmung von den Zielen stattfindet, desto besser können die Planer dem geforderten Anspruch gerecht werden. Eine Planung ist mit sich widersprechenden Vorgaben und sich ständig ändernden Zielen der Bauherrenseite nur eingeschränkt möglich.

Auch lassen sich in der frühen Planungsphase die Baukosten am meisten beeinflussen. In frühen Planungsphasen lassen sich Fehler vermeiden, in späteren Phasen ist meist nur noch eine Fehlerbehebung möglich, die Kosten verursachen kann.

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

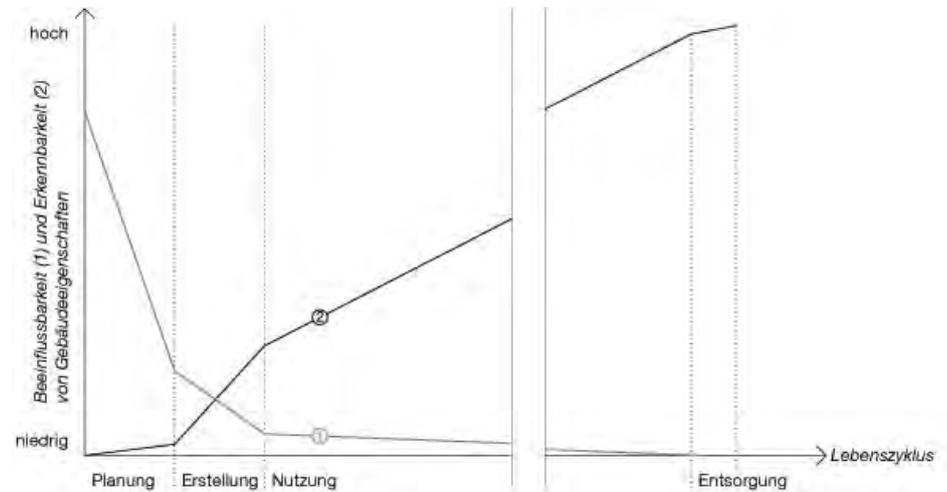


Abbildung 3.3.9: Einflussmöglichkeiten auf die Planung in Abhängigkeit von der Zeit.

Wie in Abbildung 3.3.9 zu sehen, ist der Einfluss auf die Qualitätsniveaus sowie auf nachhaltiges Bauen zu Beginn der Planungsphase und bis hin zur endgültigen Festlegung der Baumaterialien am größten. Die Auswahl der Materialien und der erforderlichen Produkteigenschaften richtet sich nach den im Vorfeld definierten Anforderungen an das Gebäude. Je genauer diese Anforderungen definiert und je präziser die Festlegung auf ein Qualitätsniveau seitens der Bauherren sind, desto genauer kann darauf eingegangen werden.

Der Bauherr muss im Laufe des Bauprozesses auch die einzelnen Firmen für die Bauausführung beauftragen. Hierzu hat er sich bei öffentlichen Bauvorhaben an die Vorgaben der VOB zu halten. Der wirtschaftlich günstigste Anbieter ist zu beauftragen. Dabei sollte gleichzeitig sichergestellt werden, dass die Qualität der Bauausführung (und die Berücksichtigung weiterer Kriterien) nicht unbeachtet bleibt. Auch private Bauherren werden die günstigsten Firmen mit der Bauausführung beauftragen.

Sollen Qualitätskriterien und ökologische Anforderungen ausgeschrieben werden, können diese unter anderem in Form zusätzlicher technischer Vorbemerkungen und in die Leistungsverzeichnisse für die jeweiligen Gewerke aufgenommen und dadurch bei der Vergabe der Leistungen berücksichtigt werden; siehe hierzu auch Kapitel 2.2.2.2.

Bei der Beauftragung energetisch und nachhaltig sinnvoller Maßnahmen kommt oft die Schwierigkeit hinzu, dass der Zeitpunkt der Investitionen und die Einsparung zeitlich auseinander fallen. Außerdem erfordern viele Maßnahmen, die sich über den Lebenszyklus gerechnet lohnen, höhere Anfangsinvestitionen.

Weil die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit über den gesamten Lebenszyklus eines Produktes noch nicht weit verbreitet ist, wird oft das billigste Angebot ausgewählt. Dieses ist dann nicht zwingend das wirtschaftlichste Angebot. Bei öffentlichen Bauherren kommt erschwerend hinzu, dass die Kosten neben der zeitlichen Differenz von Investition und Einsparung oft in verschiedenen Institutionen und damit Haushaltstiteln anfallen. Das bedeutet, die Mehrausgaben der Investition werden nicht mit den langfristigen Einsparun-

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

gen in der Betriebsphase verrechnet. Damit fällt der Anreiz für die investierende Abteilung aus [Mc Kinsey 2008].

#### 13 Effizienz der Überwachung der Ausführung

Bauleiter vor Ort:

- Führen eines Bautagebuches
- Produktüberwachung (Ü-, CE-Zeichen), Dokumentation der eingebauten Materialien
- evtl. Schulung /Sensibilisierung der am Bau Beteiligten für Qualität, technischer Einbau etc.
- Abfall auf der Baustelle
- Terminqualität (Einhaltung zugesagter Termine, Verzögerungen)
- Kostenqualität (Einhaltung des Budgets)

zusätzliche Kontrollinstanz:

- genaues Überprüfen der gebauten Konstruktion
- Fortschrittskontrolle: Berichtswesen, Besprechungen, Dokumentation
- Messungen zur Kontrolle der Energie, Bauakustik (z.B. Blowerdoortest, TVOC-Messung)
- laufende Mängelbeseitigung

Die Bauleitung ist die örtliche Interessenvertretung des Bauherrn auf der Baustelle und stellt die Kommunikationsschnittstelle von Planer, Bauherrn, ausführenden Unternehmen (und Behörden) dar. Die Bauleitung ist für einen sicheren und reibungslosen Ablauf der Ausführungsphase verantwortlich und überwacht die Ausführung. Aufgabe der Bauleitung ist Leitung, Koordination und Kontrolle der Bauausführung. Hierzu zählen Baustellenorganisation, Termine, Koordination der Unternehmer, technische und bauliche Qualitätskontrolle, Kostenkontrolle und Rapporte und Bauüberwachung. Auch die Bemusterung von kritischen Bauteilen mit dem Architekten, die nur qualitativ zu beurteilen sind, gehört dazu.

Die Bauleitung ist auch für die terminliche Kontrolle und die Einhaltung von zugesagten Terminen zuständig. Das Einhalten der vorgegebenen Kostenberechnung /Kostenanschlag und die Fortschreibung der Kosten gehören mit zum Aufgabenfeld.

Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen der Überwachung der Ausführung und technischen Aspekten, die in Kapitel 3.3.1.4 Einflussvariablen aus dem Bereich Produktqualität beschrieben werden. Die Überwachung der Ausführung besteht in der laufenden Koordination und Überwachung der Baustelle, des täglichen Materialflusses, der Arbeiter, der Termine und Kosten und die nötige Dokumentation hierfür. Die Bauleitung ist für einen sicheren und reibungslosen Ablauf der Ausführungsphase verantwortlich. Durch die Bauleitung soll die Qualität des Materials (Material- /Produkteigenschaften, Zustand des Materials, Übereinstimmung mit Ausschreibung, Materialuntersuchungen), die Kontrolle der technischen Ausführung (Prüfen des Einbauprozesses, Maßkontrolle), die Umsetzung von Auflagen, das Prüfen relevanter Bauteile (z.B. Auflager, Dichtung, Isolierung, Brandschutz) und auch die gestalterische Ausführung (Oberflächen, Details, Kanten /Fugen) gewährleistet werden. Rechtzeitiges Reagieren auf geänderte Umstände und geeignete Maßnahmen hierzu ergreifen, gehören zum Aufgabenspektrum der Bauleitung genauso wie Sicherheitskontrolle, Einhaltung von Sicherheits- und Gesundheitsschutzmaßnahmen, Baustelleneinrichtung und Ordnung (SiGeKo); Vergleiche hierzu auch [Menz 2009].

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

In der Praxis muss auf großen Baustellen zwischen einer Bauleitung der Planerseite und einer Bauleitung der ausführenden Firmen (z.B. Rohbau) unterschieden werden. Die Bauleitung und Überwachung durch die Planerseite, welche vom Bauherrn auch für die Umsetzung der Planung (mit-) beauftragt wurde, schuldet den Projekterfolg und das mängelfreie Gebäude, dass im vorgegebenen Kosten- und Terminrahmen fertig gestellt wurde.

Die Bauleitung, die von Seiten der ausführenden Firmen kommt, hat dagegen die Arbeiten des eigenen Gewerks zu koordinieren und darauf zu achten, dass eine möglichst kosteneffiziente Vertragserfüllung umgesetzt wird.

#### 14 Intensität der Motivation

- Motivation der Handwerker
- faires Verhalten auf der Baustelle, win-win-Situationen
- Eigenverantwortung

Auf die Motivation der einzelnen beim Bau beteiligten Personen soll wegen der Wichtigkeit noch genauer eingegangen werden. Die Motivation spielt bei der Erfüllung von Qualitätsniveaus eine entscheidende Rolle und es muss in diesem Zusammenhang das persönliche Engagement der Beteiligten betrachtet werden.

Mit Motivation wird die Ursache menschlichen Handelns bezeichnet, vorausgesetzt das Handeln geht unmittelbar vom Menschen aus und ist nicht von außen bedingt. Motiv ist hierbei der isolierte Beweggrund für ein zu beobachtendes Verhalten. Grundlegende Motivationstheorien wurden von Maslow und Herzberg entwickelt [DGQ 2004]. Genauer werden sie beschrieben in [Voigt 2007, Seite 19ff]. Danach lassen sich die Ursachen für ein bestimmtes Verhalten in Bedingungen der Person und Bedingungen der Situation unterteilen. Sie können auf Seiten der Person in Wollen und Können und auf Seiten der Situation in soziale Normen und materielle Rahmenbedingungen unterteilt werden. Das Wollen transformiert hierbei das theoretische Wissen (Können) in Handlungen durch Motivation (aktiver Eigenantrieb) oder ein unterstützendes Anteilsverfahren, damit eine Person eine Handlung ausführt, die nicht seinen Neigungen entspricht. Aber auch wenn eine Person bereit ist durch Können und Wollen eine Handlung auszuführen, kann sie durch interne Normen oder materielle Rahmenbedingungen daran gehindert werden [Voigt 2007]. Beeinflusst wird die Motivation jeder einzelnen Person deshalb von einer Vielzahl von Faktoren wie der Unternehmensstruktur, der Prozessqualität, aber zu einem sehr großen Teil auch durch zwischenmenschliche Faktoren, wie Ängste, Anerkennung und Machtstrukturen.

Die Ergebnisse einer großen Umfrage der „Initiative Neue Qualität der Arbeit“ (kurz INQA), die vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales 2004 beauftragt wurde, sind in Abbildung 3.3.10 dargestellt.

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

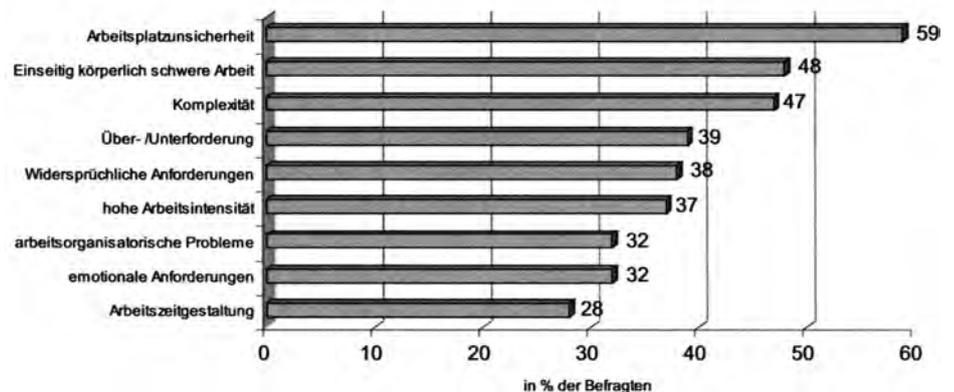


Abbildung 3.3.10: Belastungen in der Arbeitswelt, Ergebnisse einer Umfrage der Initiative Neue Qualität der Arbeit (INQA), 2004 [Kleinschmidt 2009]

Die Arbeitsplatzunsicherheit rangiert mit 59 Prozent auf Platz eins, gefolgt von einseitig körperlicher schwerer Arbeit und Komplexität. Es sind gerade die psychischen Faktoren wie Unsicherheit, Komplexität, Über-/Unterforderung, widersprüchliche Anforderungen, die in den letzten Jahren zu den anderen Belastungen hinzugekommen sind. Diese haben langfristig großen Einfluss auf die innerbetriebliche Motivation und damit auch auf die Ergebnisse der zu erbringenden Arbeit [Kleinschmidt 2009].

15 Stärke des Konkurrenzdrucks

- durch Preisdruck starke Verdrängung (+ Nachtragswesen)
- kein Leistungswettbewerb
- Unkalkulierbarkeit der Kosten, Qualitäts-Mängel

Heute herrscht starker Preiswettbewerb auf Seiten der Auftragnehmer im Baubereich. Gerade in öffentlichen Ausschreibungen werden die billigsten Anbieter beauftragt. Dies führt zu geringen Angebotssummen und in der Ausführung dann zu Nachträgen und Extraforderungen (bis hin zur Einschaltung von Gerichten) um die realen Kosten decken zu können. Der Umgang ist durch Misstrauen geprägt. Es wird langsam erkannt, dass der Grundstein für eine langfristige Zusammenarbeit (im privatwirtschaftlichen Bereich) die dauerhafte Produktqualität ist, die dann zu einer Kundenzufriedenheit führt [Meckmann 2009], [Greiner 2007].

Durch motivierte, am Bau beteiligte Personen kann Teamgeist statt reiner Vertragserfüllung entstehen. Die Erfüllung von qualitativen Ansprüchen wird dann wichtiger als (nur) Recht zu haben. Termine und auch Kosten werden in gemeinsamer Absprache möglichst eingehalten. So können Verbesserungen, sofern erkannt, umgesetzt werden. Es entsteht eine win-win-Situation, die für alle beteiligten Seiten von Vorteil ist; siehe auch [Danbauer 2009].

16 Durchgängigkeit der Informationsweitergabe

- Kommunikation in allen Ebenen
- Mitteilung wichtiger Informationen (Bauherr, Planer, Bauausführende, Nutzer)
  - Entscheidungs-, Verteilungsprocedere geklärt
  - Einbeziehung der Nutzer

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

#### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

Der Austausch von Informationen zwischen den verschiedenen an der Planung und am Bau Beteiligten ist eine Voraussetzung für die erfolgreiche Erstellung von Gebäuden. Viele Fehler entstehen durch fehlende Informationsweitergabe (z.B. von Bauherrenwunsch an Ausführenden), Informationszurückhaltung oder Kommunikationsdefekte, siehe hierzu Kapitel 2.3.2.1. Einen großen Teil der Kommunikation machen Dokumente wie Zeichnungen, Terminpläne und schriftliche Notizen (Brief, Fax, mail) aus. Zusätzlich werden inzwischen immer häufiger digitale Projekträume eingesetzt, die die Verteilung und Archivierung übernehmen. Eine transparente Darstellung des Projektvorgehens, wer wann was erhalten oder erstellt hat, wird damit geleistet und die Grundlage gelegt, dass alle den für sie notwendigen Informationsstand haben.

Schon in der frühen Planungsphase wird von dem Architekten die Entwicklung von mehreren Varianten verlangt. Dies ist in einer Vorentwurfsphase mit großen Ungenauigkeiten in der Detaillierung verbunden. Andererseits werden schon zu diesem Zeitpunkt relativ genaue und eindeutige Angaben zu Flächen, Kosten, Terminen, Fördermöglichkeiten etc. benötigt. Diese werden auf Bauherrenseite für die Entscheidungsfindungsprozesse bei der Immobilieninvestition benötigt. „Mit dem Informationsbedarf steigt auch der Zeitaufwand zur Bereitstellung dieser Informationen bei den Planern und Projektentwicklern. Die Folgen sind ein erheblicher Mehraufwand in der Datenerfassung und -berechnung bei allen Beteiligten des Planungs- und Bauprozesses sowie ein Anstieg der Fehlerquote bei der Verwendung inkonsistenter Daten. Dies führt zu einer verstärkten Nachfrage nach Hilfsmitteln und Berechnungsprogrammen, die den iterativen Planungsprozess begleiten und mit Informationen und Berechnungsergebnissen unterstützen können.“ [König 2009, Seite 80].

Durch schriftliche Vereinbarungen in Form von Verträgen, VOB, Terminplänen etc. werden die formellen Beziehungen zwischen den am Bau Beteiligten dokumentiert. Die Beziehungen der Einzelnen untereinander und mündliche Absprachen bilden den informellen und zwischenmenschlichen Bereich. Hier können noch Verbesserungen verwirklicht werden [Weeber 2003]. Fehlende Motivation (Einflussvariable 14) oder Konkurrenzdruck (Einflussvariable 15) können dazu führen, dass Informationen nicht weitergegeben werden.

Nach [Greiner 2007] bildet heute das Informationsmanagement die größte Engstelle im Bausektor, denn Veränderungen und Verzögerungen sind nicht die Ausnahme, sondern eher der Regelfall. Der Informationsfluss muss während der gesamten Projektabwicklung auf höchstem Niveau gehalten werden. Eine Ablauforganisation und strukturiertes Sitzungsmanagement mit klaren Aufgabestellungen (evtl. virtueller Projektraum, der hilft Nachvollziehbarkeit und routinierte Abläufe zu automatisieren) unterstützen die Informationsweitergabe.

Ziel dieser Variable sollte sein, dass sichergestellt ist, dass die jeweiligen Fachplaner oder Ausführenden die für sie relevanten Informationen zeitnah und komplett erhalten. Auch eine Kommunikationsstruktur sollte vorhanden sein, die Feedback, Rückfragen und darauf aufbauend Verbesserungen ermöglicht.

Diese besteht aus der Betrachtung der Erstellungs-, Betriebs- und bedingt auch Entsorgungskosten, siehe hierzu Kapitel 2.2.2.3.

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

#### 17 Erfüllung technischer Aspekte

in Planung und Bau

- Beachtung der technischen Regeln, Normen, Verarbeitungshinweise
- anerkannte Regeln der Technik
- (laufende) Überprüfung kritischer Konstruktionen
- Optimierung Ausschreibung und Leistungsbeschreibung

Die Einhaltung von Normen und behördlichen Vorschriften sowie die Erfüllung technischer Anforderungen und allgemeiner Regeln der Technik wird nur in Teilbereichen durch Dritte überprüft, z.B. Genehmigung, Prüfstatik, behördliche Abnahme Brandschutz. Es sind deshalb neben der Bauleitung auch die an der Planung Beteiligten in großen Teilen zur kritischen Aufsicht auf der Baustelle gefragt. Eine Qualitätssicherung auf der Baustelle ist sinnvoll.

Durch das Einhalten der Standards und Überprüfung kritischer Konstruktionen durch eine Qualitätssicherung können Fehler, die zu einem späteren Zeitpunkt nur noch mit hohen Kosten beseitigt werden können, frühzeitig erkannt werden. So können Schadensfälle minimiert und qualitativ hochwertiges Bauen umgesetzt werden.

Je detaillierter die Planung und Leistungsbeschreibung der einzelnen Gewerke ausfällt, umso besser kann späteren Ausführungsfehlern vorgebeugt werden. Die Abnahme der Bauleistung hat für die Feststellung der ordnungsgemäßen Ausführung eine ausschlaggebende Bedeutung [BBR 2002]. In der heutigen Zeit wird die Verantwortung immer mehr auf die Planer und ausführenden Firmen übertragen. Überprüfungen von Behördenseite werden immer eingeschränkter durchgeführt. Eine von Planer / Bauseite getragene Qualitätssicherung wird nur in seltenen Fällen oder bei schlüsselfertigem Bauen (wegen der Haftungsfragen) vorgesehen.

#### 18 „Ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung

- architektonisches Konzept integriert städtebauliche und energetische / ökologische Aspekte (auch Orientierung und Zonierung der Gebäude)
- kritische Standortanalyse
- Berücksichtigung lokaler Bautraditionen
- Ganzheitlichkeit von Konstruktion und Materialität (nicht nur Fassadengestaltung)
- Gestalterischer Anspruch an Gebäude (Attraktivität / Wertstabilität)
- Gestaltungswettbewerb für Gebäude oder über Varianten
- Identifikation mit Gebäude

Zu den gestalterischen Aspekten gehören die Orientierung, eine räumliche Identität durch Wiedererkennung, individuelle Gestaltung, ein hohes Maß an Identifikation durch persönliche Gestaltungsmöglichkeiten, eine intensive Beschäftigung mit dem zu bebauenden Ort und die Erzeugung von Raumqualitäten im Gebäude.

Die Architektur hat hierbei die Aufgabe, den Spagat zwischen dem aktuellen Lebensstil, der Behaglichkeit, Komfort und Wohlbefinden (bis zu einem gewissen Punkt) voraussetzt, und dem Gebot des Verzichts, der sich aus dem ökologischen Purismus begründet, zu schaffen. Hier ein Gleichgewicht zwischen einer überzeugenden sinnlichen Präsenz ökologischen Bauens und dem Wissen und der Kreativität im Umgang mit Ort, Klima und Material zu erreichen und zu halten, wird das Entscheidende sein [Kaltenbrunner 2009a]. Ein Gestaltungswettbewerb zu Beginn der Bauaufgabe kann hierbei hilfreich sein.

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

Die Ausrichtung des Gebäudes auf den städtebaulichen Kontext und Reaktion auf die Parameter, die durch Klima und die Region erzeugt werden, sollten berücksichtigt werden. Möglichkeiten der Nutzung von regenerativen Energieträgern und deren Ausnutzung auch ohne technische Unterstützung sollten einbezogen werden.

„Gebaut hat aufgrund seiner alle betreffenden Zeichenhaftigkeit großes Potenzial zur Identifikationsstiftung. Die Förderung hoher gestalterischer Qualität und lokaler Individualität ist daher kein Selbstzweck im Sinne einer Ästhetisierung, sondern ein integrativer Bestandteil der kulturellen Entwicklung, einer von vielen Beiträgen zur nachhaltigen Stärkung der Regionen.“ [Hammer 2007]. Der Zusammenhang von Gestaltungs- und Nutzeraspekten ist nicht immer kongruent. Oft erhöht die Berücksichtigung von Nutzeraspekten und Nachhaltigkeitskriterien die Kosten, die den Gestaltungsaspekten zugeordnet werden [ZDB 2008].

19 „Ganzheitliche Durchdachtheit“ der Funktionalität

allgemein:

- Flexibilität der Konstruktion
- Umnutzungsmöglichkeiten
- räumliche Organisation des Entwurfes, Zweckmäßigkeit (wenig Nebenflächen, kurze Wege, Verhältnis NF zu BGF)
- Zonierung, Orientierung
- Zugänglichkeit / Erschließungssituation

Detail:

- konstruktives System bis Baudetail
- Material und Konstruktion sind der Region angepasst
- Materialität und Optimierung auf einfache spätere Pflege / Reinigung
- Bedienkomfort

Der überwiegende Teil unserer heterogenen Stadtstruktur sind Bestandsbauten. Diese werden am Ende einer Nutzungsphase abgerissen, da sie nicht mehr dem Zeitstandard entsprechen, ungenutzt oder beschädigt sind. Die tatsächliche Nutzungsdauer und damit auch die Lebensdauer von Gebäuden, insbesondere von Büro- und Verwaltungsbauten, wird immer kürzer, auch wenn die technische Lebensdauer der Konstruktion noch nicht den Endwert erreicht hat.

Es sind vor allem funktionale oder / und wirtschaftliche Überlegungen (Betriebskosten), die Eigentümer dazu bewegen, einen Ersatzneubau zu errichten. Häufig bleibt dabei ungeprüft, ob diese Lösung wirklich die wirtschaftlichste ist. Neu errichtete Objekte können Teilaspekte besser lösen als die Vorgängerbauten. In der Regel werden sie dennoch wieder auf die aktuellen Zielgruppenbedürfnisse ausgerichtet und damit den kurzfristigen Marktesetzen (der Immobilienwirtschaft) unterworfen. Die Weiterentwicklung der funktionalen Anforderungen und die Ausrichtung auch auf zukünftige Bedürfnisse bleiben damit unbeachtet. Eine Verlängerung des Lebenszyklus wirkt sich durch geringere Stoffflüsse günstig auf die Gesamtbilanz des Gebäudes aus. Deshalb muss es das Ziel sein, Gebäude zu bauen, die sich mit geringem Aufwand umnutzen oder umgestalten lassen. So können Gebäudekonstruktionen ihre technische Lebensdauer ausnutzen und müssen nicht schon nach wenigen Jahren wieder abgerissen werden.

Durch eine Optimierung der Flächennutzung innerhalb des Gebäudes in einem frühen Planungsstadium können nicht unerhebliche Einspareffekte

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

im Ressourcenverbrauch erreicht werden [DGfB 2009]. Auch Material und Konstruktion sollten auf den Ort und die Gebäudefunktion abgestimmt sein. Gebäude sollten so geplant sein, dass sie zweckmäßig nutzbar sind und funktionale Aspekte wie interne Organisation, räumliche Aufteilung eingearbeitet sind.

Nach ISO 15643-10:2010 *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden* bedeutet die Funktionalität die „Eignung und Nützlichkeit hinsichtlich eines bestimmten Zwecks oder einer Maßnahme“ [DIN 15643]. Für eine Bewertung der Nachhaltigkeit müssen im Rahmen funktionaler Anforderungen mindestens die Art des Gebäudes und Nutzungsgefüges, die Nutzungsdauer und „maßgebliche technische und funktionale Anforderungen (z.B. gesetzliche Rahmenbedingungen und besondere Anforderungen des Auftraggebers)“ [DIN 15643] festgelegt werden.

Ökologische Aspekte sind mit den Variablen *1 Höhe der Umwelteinwirkungen*, *2 Höhe des stofflichen Verbrauchs*, *6 Dauerhaftigkeit* und *8 Gesundheit der Nutzer* und *9 Behaglichkeit* schon definiert worden.

#### 20 Rechtliche Anpassung

- Veränderungen im EU Rechtsrahmen, Verordnungen
- Richtlinien zur Ausschreibung / Vergabe von Leistungen

Die Einflussvariable *20 rechtliche Anpassung* hat im vorliegenden System eine Sonderstellung. Die rechtlichen Rahmenbedingungen beeinflussen das gesamte Baugeschehen und sind Grundlage verschiedener Handlungsmuster. Es muss z.B. die jeweils gültige EnEV eingehalten werden und die Grundlage für öffentliche Vergaben im Bauwesen ist die VOB. Die Variable kann aber nicht vom System selbst beeinflusst werden. Eine Änderung rechtlicher Bedingungen hat aber sehr wohl einen Einfluss auf das gesamte System. Eine langsame Beeinflussung der rechtlichen Rahmenbedingungen durch am Bauprozess Beteiligte und auch über politische Meinungsbildung hat einen anderen zeitlichen Horizont. Dies würde ein Variablen-system auf einer erweiterten Ebene und mit anderen Parametern erfordern.

3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

3.3.2 Einflussmatrix

Mit Hilfe einer Einflussmatrix werden die Abhängigkeiten der einzelnen Einflussvariablen untereinander bzw. die Beziehungen zueinander, sowie ihre gegenseitige Beeinflussbarkeit abgeschätzt. Für alle Variablen wird abgefragt, wie eine Veränderung einer Ausgangsvariable die einzelnen Variablen beeinflusst. Die Frage lautet immer: Wenn sich Variable A verändert, wie verändert sich dann Variable B?

In der Einflussmatrix wird zwischen

- 0 – starke Änderung bei A bewirkt keine oder fast keine Änderung bei B
- 1 – starke Änderung von A bewirkt nur leichte Änderung von B
- 2 – Änderung von A bewirkt gleichstarke Änderung bei B
- 3 – schwache Änderung von A bewirkt starke Änderung bei B unterschieden.

Wirkung von Variable $\downarrow$ auf Variable $\rightarrow$		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	AS
1	Höhe Umwelteinwirkungen	X	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	8
2	Höhe stofflicher Verbrauch	2	X	2	2	2	0	0	1	0	0	0	1	2	0	0	0	2	1	0	0	15
3	Höhe Erstellungskosten	0	1	X	3	2	2	3	1	2	0	1	0	2	2	1	0	2	1	1	0	24
4	Höhe Betriebskosten	1	1	0	X	0	0	2	1	2	1	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	13
5	Höhe Entsorgungskosten	2	2	1	0	X	1	2	0	0	0	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	13
6	Dauerhaftigkeit	0	2	1	2	3	X	2	0	0	1	1	0	2	0	0	1	1	1	2	0	19
7	Optimierung Instandhaltung	2	2	1	3	2	1	X	1	0	1	2	3	1	0	0	1	0	1	2	0	23
8	Gesundheit der Nutzer	1	1	2	1	1	0	1	X	3	2	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	17
9	Behaglichkeit der Nutzer	2	1	1	2	1	0	1	3	X	3	2	1	1	0	0	1	1	1	0	0	21
10	Maß der Zufriedenheit	0	0	0	2	0	0	2	3	0	X	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	11
11	Funktionieren integr. Planung	2	1	3	3	2	2	1	1	2	1	X	1	2	2	0	3	2	1	2	0	31
12	Entscheidungswille Bauherr	3	3	2	2	1	2	2	1	1	0	3	X	2	2	1	3	3	3	2	0	36
13	Eff.Überwachung der Ausführung	0	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1	0	X	2	0	3	3	1	1	0	25
14	Intensität Motivation	0	0	2	1	0	1	2	1	1	0	2	0	2	X	2	2	2	1	0	1	20
15	Stärke Konkurrenzdruck	0	0	2	1	0	1	2	0	0	0	2	1	3	3	X	2	2	0	0	0	19
16	Informationsweitergabe	0	1	2	2	1	0	1	0	1	0	3	2	3	2	0	X	3	0	0	0	21
17	Erfüllung technischer Aspekte	0	1	1	1	0	2	3	0	1	0	1	2	3	1	1	2	X	0	0	0	19
18	Durchdachtheit Gestaltung	1	2	2	0	0	1	1	2	1	3	2	2	1	1	0	0	0	X	2	0	21
19	Durchdachtheit Funktionalität	0	2	2	0	2	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	X	0	12
20	rechtliche Anpassung	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	2	2	2	1	2	0	0	0	0	X	13
		PS	17	23	28	27	20	17	28	17	16	14	26	22	31	16	8	20	23	12	15	1

Konsens		Vergleich mit	
A	B	A	B
C	D	C	D
E	F	E	F

Abbildung 3.3.11: Einflussmatrix der am System beteiligten Einflussvariablen dargestellt im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

In der für diese Arbeit erstellten Einflussmatrix wurden die Zuordnungen vom Verfasser festgelegt. Grundlagen hierfür sind die Analysen aus Kapitel 2, die Beschreibungen der einzelnen Einflussvariablen mit ihren Ausgangswerten, den angestrebten Zielen und praktische Erfahrungen.

Die Einflussmatrix lässt sich mit dem *Sensitivitätsmodell Prof. Vester®* auch anders in einer Rollenverteilung oder durch die Analyse der Aufgaben der einzelnen Variablen – in aktiv, reaktiv, puffernd oder kritisch – darstellen. Hierdurch wird ein grundsätzliches Bild des Verhaltens des Systems bei Wechselwirkungen von (Bau-)Qualität und Nachhaltigkeit und dem Zusammenspiel der Einzelpunkte aufgezeigt. Durch die Beschreibung des Systems und der Wirkungen einzelner Variablen wird das grundsätzliche Systemverhalten beschrieben.

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

An diesem Punkt zeigt sich, dass die genaueren Betrachtungen interessante Ergebnisse beinhalten, siehe hierzu Kapitel 3.3.3 – Interpretation der Ergebnisse. Dem Zusammenspiel von Planung, Bauherrn, Bauausführung, aber auch der Instandhaltung kommt eine sehr große Bedeutung zu. Es wird deutlich, welche Auswirkungen die gestalterische Qualität, der Konkurrenzdruck oder die Dauerhaftigkeit haben. Durch die Betrachtung neuer Zusammenhänge oder bis jetzt unbeachteter Wechselwirkungen kann ein besseres Verständnis erreicht werden.

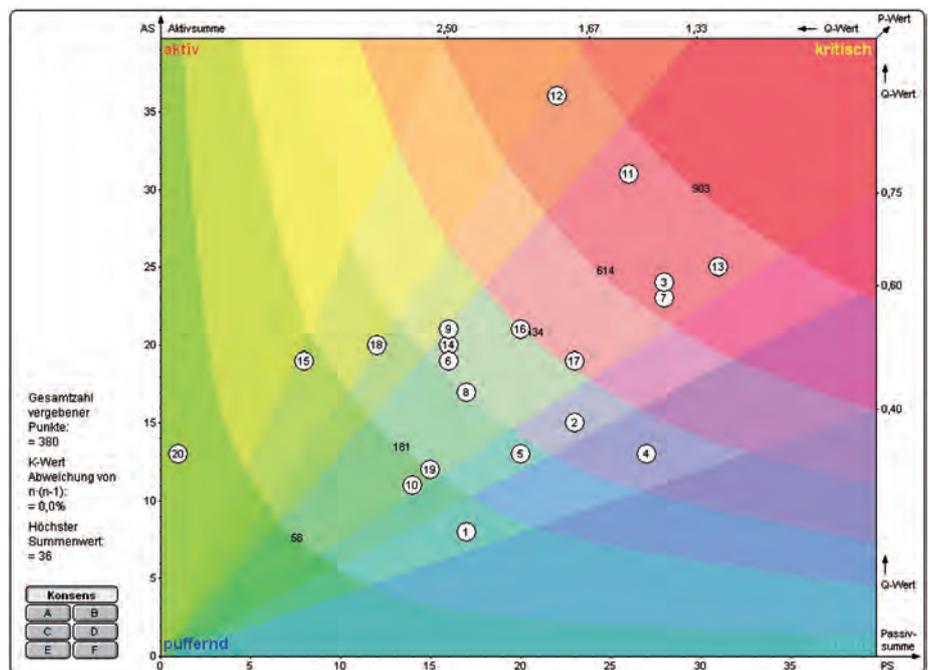


Abbildung 3.3.12: Rollenverteilung der einzelnen Variablen dargestellt im System im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

Ergebnisse aus der Rollenverteilung der Variablen

Im Einzelnen ergibt sich für die Einflussvariablen folgendes:

Die Variable 20 *rechtliche Anpassung* ist ein sehr großer Schalthebel, der nach Eingriffen von außen verlangt (Änderung der gesetzlichen Bestimmungen). Die Beeinflussung durch gesetzliche Änderungen hat einen „zwingenden“ Einfluss auf das Bauen und kann die Ziele der Nachhaltigkeit beeinflussen (z.B. CO<sub>2</sub>-Besteuerung).

Die Variable 15 *Stärke des Konkurrenzdrucks* hat Einwirkungen auf andere Variablen und kann dadurch auf indirektem Weg gewünschte Wirkungen erzeugen. Das bedeutet, dass weniger Konkurrenzdruck in der Planung und Bauausführung Aspekte der Nachhaltigkeit mit beeinflusst.

Auch die 18 *„Ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung* ist ein guter Hebel, um sanfte Veränderungen für das gesamte System einzuleiten. Für die Ziele der Nachhaltigkeit ist das Herausstellen der Wichtigkeit von Gestaltung und die Beschäftigung mit „Baukultur“ wichtig. Ein Veränderungsprozess über diese Variable bringt keine schnellen Erfolge, kann das System aber langfristig sehr positiv beeinflussen.

Es wird in der Rollenverteilung auch deutlich, dass sich bei Eingriffen über die leicht aktive und kritische Variable 12 *Entscheidungswille des Bauherrn*

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

die Wirkung und die Gefährlichkeit die Waage halten. Auf Grund des großen Einflusses des Bauherrn auf das Gebäude sind die frühzeitigen Weichenstellungen und Zielformulierungen für die Durchsetzung von Nachhaltigkeitsaspekten sehr entscheidend. Der Bauherr kann den Einfluss über eindeutige Zielvorgaben und Bedarfsplanung ausüben. Aber im gesamten Ablauf kann einiges schief gehen (Termine, fehlende Kommunikation, Entscheidungen verzögert). Der Bauherr bzw. der Bauherrenvertreter hat eine sehr wichtige Rolle im Gesamtsystem, die oft nicht als solche erkannt wird.

Die Variablen *11 Funktionieren der integralen Planung*, *13 Effizienz der Überwachung der Ausführung*, *3 Höhe der Erstellungskosten* und *7 Optimierung der Instandhaltung* haben eine genauso starke Wirkung wie Reaktion. Alle vier sind kritische Komponenten, die entweder bewusst als Impulsgeber in das System eingebaut werden müssen oder ansonsten zum „Unruhestifter“ werden können. Gerade die Instandhaltung als beeinflussende Größe weist das Problem auf, dass eine Optimierung der Instandhaltung immer ein Abwägen zwischen keiner Vorbeugung und zuviel vorbeugender Instandhaltung ist.

Die Variable *4 Höhe der Betriebskosten* ist eine bewegliche und reaktive Komponente. Hier gelingen Eingriffe leicht und führen vordergründig zum gewünschten Ziel, welches jedoch durch Rückwirkungen aus dem System bald wieder neutralisiert werden kann. Die Betriebskosten können unabhängig von den anderen Variablen nur bedingt im laufenden Betrieb gesenkt werden. Eine wirkliche Optimierung ist nur mit Maßnahmen während der Planung möglich.

Die Variable *1 Höhe der Umwelteinwirkungen* ist reaktiv und wirkt puffernd im System, ohne dass es für sie selbst von großer Bedeutung ist. Sie hat eine spezifische Wirkung auf aktive (*15 Stärke des Konkurrenzdrucks*) oder kritische (*3 Höhe der Erstellungskosten*, *7 Optimierung der Instandhaltung*) Variablen. Konkret bedeutet dies, dass es im Wettbewerb gegenüber der Konkurrenz Vorteile bringen kann, wenn die Umweltwirkungen der eigenen Produkte / Leistungen geringer sind als bei anderen. Eine Vorgabe, geringe Umwelteinwirkungen zu verursachen, kann bei *3 Höhe der Erstellungskosten* und *7 Optimierung der Instandhaltung* große Impulse auslösen.

Bei der Variable *2 Höhe des stofflichen Verbrauchs* täuschen Eingriffe in dieser leicht reaktiven, im Neutralbereich liegenden Variable Wirkungen vor, die durch Selbstregulation im System bald wieder kompensiert werden.

Dies bedeutet, dass der stoffliche Verbrauch von vielen Faktoren abhängt und nur durch die Beeinflussung mehrerer Parameter dauerhaft gesenkt werden kann.

Die Variable *17 Erfüllung technischer Aspekte* kompensiert im System Korrekturen. Die Eigendynamik der Komponente kann manche Entwicklungen zum Erliegen bringen. Den Aspekten ist besser von außen beizukommen. Technische Aspekte sind mehr als einzuhaltende Vorgaben zu sehen.

Im neutralen Bereich des Systems stehen Variablen, die sich, wenn sie in den Regelkreise eingebunden sind, selbst regulieren. Diese sind *9 Behaglichkeit der Nutzer*, *8 Gesundheit der Nutzer*, *6 Dauerhaftigkeit*, *14 Intensität der Motivation* und *16 Durchgängigkeit der Informationsweitergabe*. Gerade *14 Intensität der Motivation* und *16 Durchgängigkeit der Informationsweitergabe* bekommen so eine zentrale Bedeutung innerhalb des gesamten Systems.

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

Auch die Variablen 10 Maß der Zufriedenheit und 19 „Ganzheitliche Durchdachtheit“ der Funktionalität helfen das System durch Selbstregulation zu stabilisieren und sind Gradmesser einer Umsetzung von Nachhaltigkeits- und Qualitätsaspekten.

Die Variable 5 Höhe der Entsorgungskosten hilft durch ihre leicht reaktive und schwach puffernde Wirkung bei der Selbstregulation, ohne Indikator zu sein.

AKTIV	REAKTIV	0-Wert	KRITISCH	PUFFERND	P-Wert
<b>HOCHAKTIV</b>			<b>HOCHKRITISCH</b>		
20 rechtliche Anpassung		13,00	-		
<b>AKTIV</b>			<b>KRITISCH</b>		
15 Stärke Konkurrenzdruck		2,38	11 Funktionieren integr. Planung		806
18 Durchdachtheit Gestaltung		1,75	12 Entscheidungswille Bauherr		792
<b>LEICHT AKTIV</b>			13 Eff.Überwachung der Ausführung		775
12 Entscheidungswille Bauherr		1,64	3 Höhe Erstellungskosten		672
<b>NEUTRAL</b>			7 Optimierung Instandhaltung		644
9 Behaglichkeit der Nutzer		1,31	<b>LEICHT KRITISCH</b>		
14 Intensität Motivation		1,25	17 Erfüllung technischer Aspekte		437
11 Funktionieren integr. Planung		1,19	<b>NEUTRAL</b>		
6 Dauerhaftigkeit		1,12	16 Informationsweitergabe		420
16 Informationsweitergabe		1,05	4 Höhe Betriebskosten		351
8 Gesundheit der Nutzer		1,00	2 Höhe stofflicher Verbrauch		345
3 Höhe Erstellungskosten		0,86	9 Behaglichkeit der Nutzer		336
17 Erfüllung technischer Aspekte		0,83	6 Dauerhaftigkeit		323
7 Optimierung Instandhaltung		0,82	14 Intensität Motivation		320
13 Eff.Überwachung der Ausführung		0,81	8 Gesundheit der Nutzer		289
19 Durchdachtheit Funktionalität		0,80	<b>SCHWACH PUFFERND</b>		
10 Maß der Zufriedenheit		0,79	5 Höhe Entsorgungskosten		260
<b>LEICHT REAKTIV</b>			18 Durchdachtheit Gestaltung		252
2 Höhe stofflicher Verbrauch		0,65	<b>PUFFERND</b>		
5 Höhe Entsorgungskosten		0,65	19 Durchdachtheit Funktionalität		180
<b>REAKTIV</b>			10 Maß der Zufriedenheit		154
4 Höhe Betriebskosten		0,48	15 Stärke Konkurrenzdruck		152
1 Höhe Umwelteinwirkungen		0,47	1 Höhe Umwelteinwirkungen		136
<b>STARK REAKTIV</b>			<b>STARK PUFFERND</b>		
-			20 rechtliche Anpassung		13

Abbildung 3.3.13: Einflussindex aktiv/reaktiv und kritisch/puffernd der einzelnen Variablen dargestellt im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

Diese Feststellungen als Ergebnis der Einflussmatrix sind grundsätzlicher Natur und ergeben sich aus den möglichen gegenseitigen Wirkungsbeziehungen der einzelnen Variablen. Sie spiegeln vorrangig das grundsätzliche Systemverhalten und die Rolle der einzelnen Variablen wieder. In einem Wirkungsgefüge (siehe Punkt 3.4) taucht nur ein Teil der in der Einflussmatrix erfassten Wirkungen auf, da darin nur die aktuellen Vernetzungen betrachtet werden.

#### 3.3.3 Interpretation der Ergebnisse

Die Rollenverteilung in Abbildung 3.3.14 zeigt, dass die Variablen in der Mitte zur Stabilisierung und Selbstregulation des Systems beitragen. 6 Dauerhaftigkeit, 8 Gesundheit der Nutzer, 9 Behaglichkeit der Nutzer, 10 Maß der Zufriedenheit, 14 Intensität der Motivation, 16 Durchgängigkeit der Informationsweitergabe, 17 Erfüllung technischer Aspekte und 19 „ganzheitliche Durchdachtheit“ der Funktionalität sind Bereiche, die sich im Laufe des Systems immer wieder gegenseitig beeinflussen und damit in einem Gleichgewicht stehen. 1 Höhe der Umwelteinwirkungen und 4 Höhe der Betriebskosten sind

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

reaktive Größen, d.h. sie können als messbare Größen zu einem Monitoring der Prozesse beitragen, damit sich keine ungeahnten Überraschungen ergeben. Da die 4 *Höhe der Betriebskosten* immer erst nach der Fertigstellung des Gebäudes existiert, sind diese Variablen nicht zur Steuerung des Systems geeignet. Gleichwohl lässt sich die zukünftige *Höhe der Betriebskosten* in die Planung einbeziehen und es besteht eine Abhängigkeit zwischen Betriebskosten und Erstellungskosten. Eine frühzeitige Einbeziehung der Höhe der späteren Betriebskosten in den Planungsprozess wird in der Variable *11 Funktionieren der integralen Planung* mit aufgenommen. Entscheidend sind im vorliegenden System die aktiven bis kritischen Variablen *20 rechtliche Anpassung*, *12 Entscheidungswille des Bauherrn*, *11 Funktionieren der integralen Planung*, *13 Effizienz der Überwachung der Ausführung*, *3 Höhe der Erstellungskosten*, *7 Optimierung der Instandhaltung*, *18 „Ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung* und *15 Stärke des Konkurrenzdrucks*.

Die Variable *20 rechtliche Anpassung* ist ein Schalthebel, der Veränderungen von Außen, also gesetzliche Änderungen, verlangt. Dies bedeutet, dass geänderte rechtliche Rahmenbedingungen, wie z.B. die zwingende Berücksichtigung von Ökobilanzen oder die Errechnung von CO<sub>2</sub>-Emissionen für Gebäude langfristige Änderungen im Gefüge hervorrufen. Eine Vision wäre nach [Kaltenbrunner 2009a] z.B., dass „die Rücknahmeverpflichtung von Gebäuden schon bei Baugenehmigung abgesichert wird“ oder der Primärenergieverbrauch des Gebäudes von Herstellung und Betrieb einen Maximalwert nicht überschreiten darf. Alle durch rechtliche Änderungen initiierten Veränderungen setzen sich allerdings erst mit längerem Zeitverzug durch.

Die Variablen *18 „Ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung* und *15 Stärke des Konkurrenzdrucks* sind im System eher aktiv und gleichzeitig puffernd. Dies bedeutet, dass diese Variablen vielfältige Einflüsse auf andere Variablen haben oder von Einflüssen der anderen Variablen abhängen. Diese Variablen können durch sanfte und stetige Veränderung das Gesamtsystem langfristig verändern. Gerade eine Beschäftigung mit „Baukultur“ als Qualitätsanspruch für ein „kontinuierliches Streben nach Exzellenz“ [Sauerbruch 2011] hat einen weitreichenden Einfluss auf die anderen Aspekte im vorliegenden System.

3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

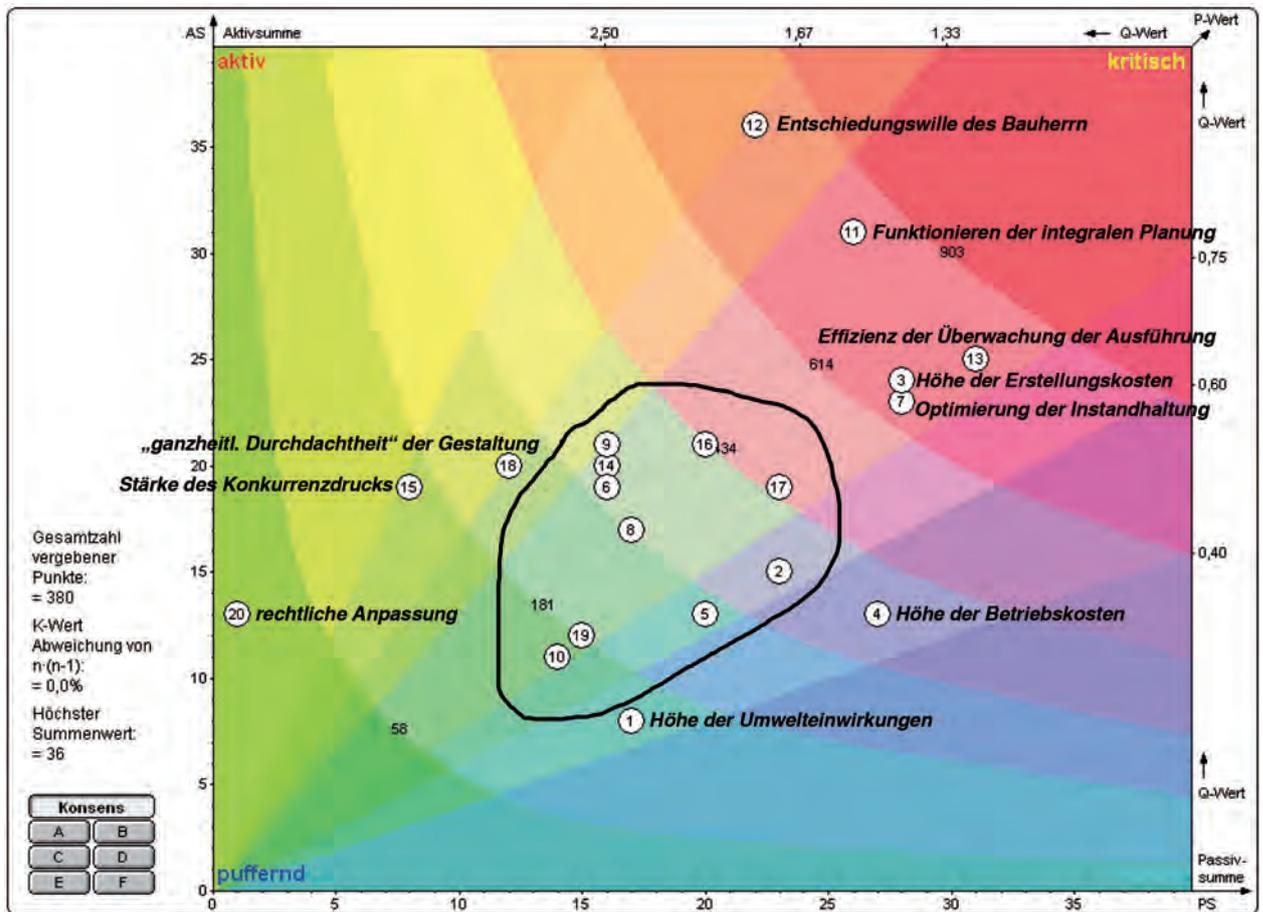


Abbildung 3.3.14: Rollenverteilung der Variablen und deren Interpretation dargestellt im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

Die eindeutige Positionierung des Bauherren (Variable 12) zu einem energieeffizientem, nachhaltigen Gebäude und deren konsequente Umsetzung sind sehr wichtig, um der aktiven und leicht kritischen Variable gerecht zu werden. Nur bei frühzeitiger Festlegung von zu erreichenden Vorgaben und der Ausrichtung wichtiger Entscheidungen danach kann das System positiv beeinflusst werden. Falls der Bauherr eher bremsend und die Ziele verzögernd agiert, kann diese Position auch leicht zu einer kompletten Fehlentwicklung führen. Die Position des Bauherren ist deshalb als sehr wichtig einzuschätzen.

Die fast überlagernde Darstellung von Variable 3 *Höhe der Erstellungskosten* und 7 *Optimierung der Instandhaltung* macht deutlich, dass gerade die Kostenseite nicht alleine über die kurzfristigen Investition als Erstellungskosten, sondern über den gesamten Lebenszyklus betrachtet werden muss. Die Instandhaltung als ein kostenträchtiger Teil der Lebenszykluskosten kann durch die Wahl der Konstruktion in der Entwurfsphase beeinflusst werden. Es ist deshalb sinnvoll, die Materialwahl bewusst auf Langlebigkeit und einfachen Ersatz hin zu prüfen.

Als kritische Variable mit genauso starker Wirkung wie Reaktion ist auch die integrale Planung (Variable 11) zu sehen. Um ein konsequent auf die vorgegebenen Ziele ausgerichtetes Gebäude zu errichten, ist es wichtig schon bei der Grundstückswahl, bzw. dessen Ausrichtung zu klären, ob die angestrebten Ziele umsetzbar sind. Schon in der Vorentwurfsphase ist deshalb

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

ein Pflichtenheft des Bauherrn nötig, in dem die zu erreichenden Standards realistisch definiert sind und eine Einhaltung des Kostenrahmens definiert wird. Quantifizierbare Vorgaben im Pflichtenheft können dann schon im frühen Planungsstadium auf ihre Erreichung hin geprüft werden. Aber auch nicht quantifizierbare Kriterien, wie hohe Nutzerqualität und städtebauliche Integration sind wichtig.

Interdisziplinäre Fachkompetenz ist Voraussetzung für die Erreichung der gesteckten Ziele. Diese muss schon ganz früh im Planungsstadium eingerichtet und der Entwurf in enger Abstimmung im Team entwickelt werden.

Eine Qualitätssicherung der Ausführung, die am besten schon bei der genauen Festlegung der Materialien und der sich daraus ergebenden Implikationen ansetzt, ist wichtig für den Projekterfolg und für die Umsetzung der vorgegebenen Ziele in das fertige Gebäude. Dies wird an der Variablen *13 Effizienz der Überwachung der Ausführung* deutlich; siehe hierzu auch [BBR 2002, Seite 85]. Bei großen Projekten ist eine externe Qualitätssicherung, die nicht in den Planungsprozess integriert ist, empfehlenswert, um damit ein unabhängiges Controlling zu ermöglichen und sicherstellen, dass trotz Termindrucks die ursprünglichen Zielsetzungen nicht verloren gehen.

Ergebnisse aus der Interpretation des Wirkungsgefüges

Die Wichtigkeit des *Funktionierens der integralen Planung (11)*, die *Höhe der Erstellungskosten (3)*, die *Optimierung der Instandhaltung (7)* und die *Effizienz der Überwachung der Ausführung (13)* wurden als Ergebnisse erwartet. Überraschend deutlich zeigt sich der hohe Einfluss des *Entscheidungswillens des Bauherrn (12)*, die *„ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung (18)* und die *Stärke des Konkurrenzdrucks (15)*. Die das System stabilisierende Wirkung von umweltrelevanten Variablen wurde so nicht erwartet.



Abbildung 3.3.15:  
Foto des Wohn- und Geschäftshauses in der Badenerstraße, Zürich von Pool Architekten

Auch bei einem der ersten Bauten nach den Kriterien der 2000W-Gesellschaft in Zürich wurden von Hansruedi Preisig aus seiner praktischen Erfahrung Thesen in [Adlbert 2010] aufgestellt, die für das nachhaltige Bauen wichtig sind. Durch seine Begleitung des Baus eines Wohn- und Geschäftshauses von Pool-Architekten in der Badenerstraße in Zürich wurden Erfahrungen

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.3 Die Wechselwirkungen von Aspekten der Nachhaltigkeit und Bauqualität im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

im Zusammenhang von Bauherrenanforderungen, integraler Planung, und Überwachung der Bauausführung mit dem Bau eines möglichst „nachhaltigen“ Gebäudes gesammelt. Die im Beispiel genannten Kriterien decken sich in vielen Bereichen mit den im theoretischen System herausgearbeiteten Faktoren.

### 3.4 Wirkungsgefüge (aller Wechselwirkungen)

Mit dem Wirkungsgefüge werden die Wirkungsketten und Rückkoppelungen des Systems sichtbar gemacht und so die Vernetzungen der Komponenten untereinander aufgebaut.

„So macht es z.B. einen großen Unterschied, ob eine aktive Größe zugleich zu den kritischen oder zu den puffernden Elementen zählt. Im ersten Fall kann ein Eingriff an dieser Variable destabilisierend wirken, im zweiten Fall dagegen wirkt er stabilisierend.“ [Vester 2002, Seite 236].

Unterschied  
Einflussmatrix und  
Wirkungsgefüge

Für das Wirkungsgefüge werden nur die zum aktuellen Zeitpunkt aktiven Variablenbeziehungen aufgeführt. Die Einflussmatrix stellt im Gegensatz hierzu auch die potenzielle Wirkung dar. Im Wirkungsgefüge kommen dadurch weniger und z.T. andere Beziehungen zustande als mit der Einflussmatrix. Zusätzlich wird bei dem Wirkungsgefüge „die Art und Weise unterschieden, wie die Wirkung gerichtet ist: ob sie beim Anstieg oder Absinken der Ausgangsvariablen die Zielvariable ebenfalls ansteigen oder absinken lässt (gleichgesinnte Beziehung: durchgezogener Pfeil) oder ob diese Wirkung gegenseitig verläuft (gestrichelter Pfeil). Stehen zwei oder mehr Variablen in einer wechselseitigen Beziehung, spricht man von Rückkoppelung (Feedback).“ [Vester 2002, Seite 240].

**3.**  
**Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell**

**3.4**  
**Wirkungsgefüge (aller Wechselwirkungen)**

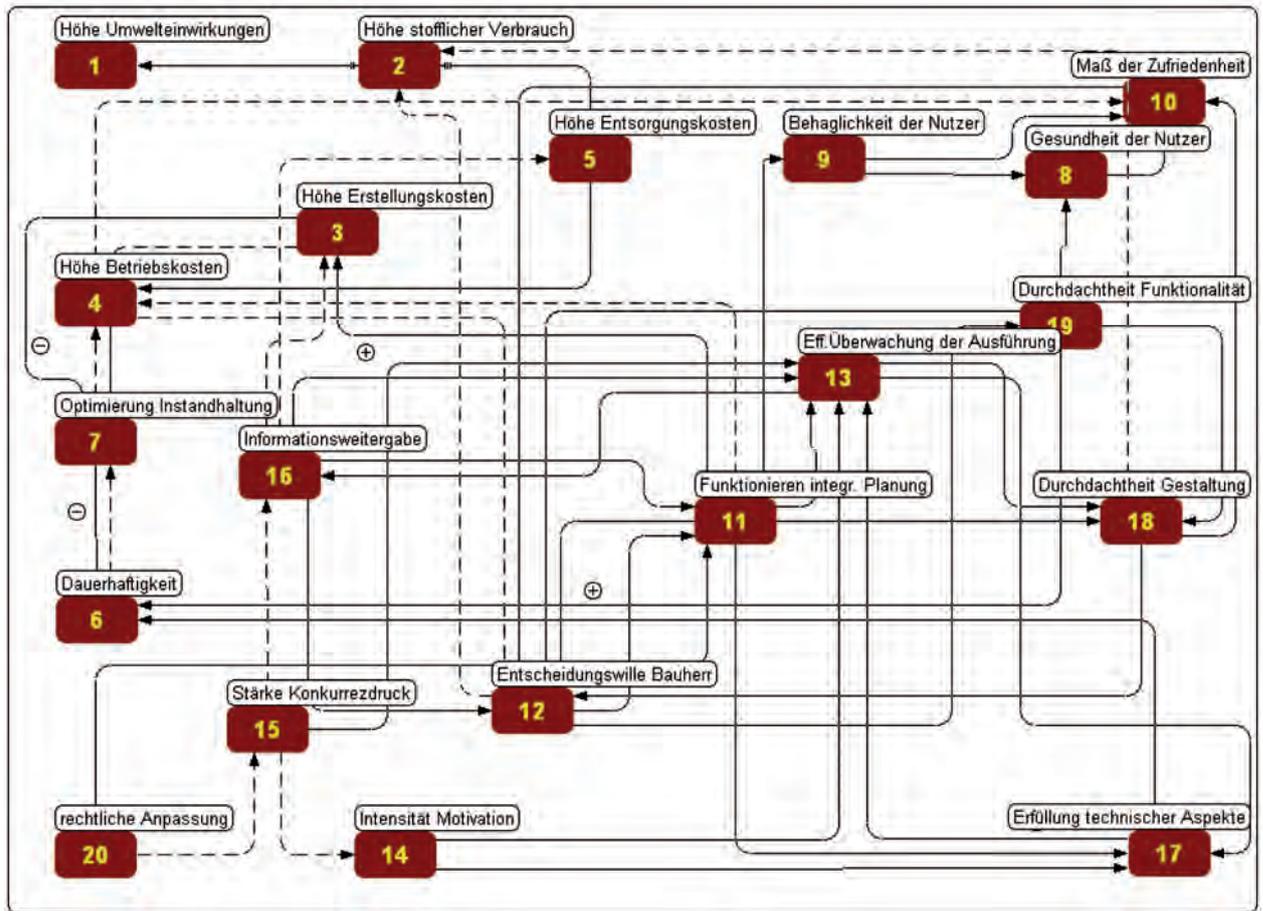


Abbildung 3.4.1:  
 Darstellung des Wirkungsgefüges im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

**Rückkoppelungen**

Unterschieden wird in die positive (zwei gleichartige Pfeile) und die negative (Pfeile unterschiedlicher Art) Rückkoppelung. Durch positive Rückkoppelungen entstehen instabile Systeme, die sich bis zu einem bestimmten Punkt immer mehr aufschaukeln. Negative Rückkoppelungen sind für ein System wichtig, weil sie auf eine Selbstregulation des Systems hinweisen. Diese Rückkoppelungen können Veränderungen abfedern; sie stabilisieren ein System. Negative Rückkoppelungen sollten in einem System überwiegen, jedoch sind positive Rückkoppelungen wichtig, um Entwicklungen in Gang zu bringen.

„Bereits die Anzahl der Rückkoppelungen, die je nach System stark variieren, sagt einiges über das Systemverhalten aus. Eine geringe Zahl von Rückkoppelungen lässt eher auf ein von äußeren Faktoren abhängiges „Durchflusssystem“ schließen, ein solches mit vielen Rückkoppelungen hingegen auf ein autarkes Verhalten. Auch die Länge der Wirkungsketten gibt wichtige Hinweise: „Lange“ Rückkoppelungen – mit vielen Zwischenstufen – bedeuten Rückwirkungen mit Zeitverzögerungen, „kurze“ Regelkreise zwischen zwei oder drei Variablen deuten dagegen meist auf eine rasche Reaktion hin. Bei negativer Rückkoppelung bedeutet dies Einstellung auf ein Gleichgewicht, bei positiver Rückkoppelung rasches Aufschaukeln. Hier ist es dann entscheidend, wie die „kurzen“ oder „langen“ Kreisläufe auf negative und positive Rückkoppelungen verteilt sind.“ [Vester 2002, Seite 244].

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

Rückkoppelungen im vorliegenden System

### 3.4 Wirkungsgefüge (aller Wechselwirkungen)

Im vorliegenden System ist eine große Zahl an Rückkoppelungen vorhanden. Die verschiedenen Variablen innerhalb des Systems bilden ein in sich fast „autarkes“ System. Es gibt mehr positive als negative Rückkoppelungen. Gerade die positiven Rückkoppelungen von *11 Funktionieren der integralen Planung* und *12 Entscheidungswille des Bauherrn*, sowie *19 „Ganzheitliche Durchdachtheit“ der Funktionalität*, aber auch *13 Effizienz der Überwachung der Ausführung*, *16 Durchgängigkeit der Informationsweitergabe* und *17 Erfüllung technischer Aspekte* können durch Aufschaukelung die Nachhaltigkeits- und Qualitätsaspekte negativ beeinflussen. Zwischen diesen Variablen bestehen meist kurze Rückkoppelungen, die in kurzer Zeit das System in eine negative Richtung beeinflussen können. Im gesamten System gibt es einige Variablen, die Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität stark beeinflussen können. Diese sind *11 Funktionieren der integralen Planung*, *12 Entscheidungswille des Bauherrn*, *13 Effizienz der Überwachung der Ausführung*, *15 Stärke des Konkurrenzdrucks*, *18 „ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung* und *20 rechtliche Anpassungen*.

### 3.5 Genauere Betrachtung von Teilbereichen durch die Simulation von Teilszenarios

Durch die Simulationen von Teilszenarien wird der Einfluss einzelner Variablen untersucht. Auf die Ergebnisse der Interpretation in Kapitel 3.3.3 wird zurückgegriffen. Die Simulation beschränkt sich auf die Veränderungen der Variable *12 Entscheidungswille des Bauherrn*, *11 Funktionieren der integralen Planung* und *18 „Ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung*. Zur Verdeutlichung werden in der Simulation von Teilsystemen die Variablen einzeln verändert, was in Realität so nicht möglich wäre. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist es wichtig, dass alle Veränderungen rein qualitativ sind. Für eine Beeinflussung des Systems sind nur die kritischen und aktiven Variablen geeignet, da hier ein Input größere Veränderungen des Gesamtsystems auslöst. Das Wirkungsgefüge für die Simulationen mit seinen Funktionsbeschreibungen ist im Anhang 11.2 dargestellt.

Ziel ist es aufzudecken, welche Spielräume vorhanden sind, und wo eine positive Beeinflussung der einzelnen Nachhaltigkeits- und Qualitätsaspekte durch das Ineinandergreifen der Wechselwirkungen gut zu verwirklichen ist. Es kann mit dieser Systematik herausgefunden werden, welche Strategien gewinnbringend und in welchem zeitlichen Rahmen beeinflussbar sind. Zusätzlich wird deutlich, ob nicht bisher unbeachtete Variablen dadurch beeinflusst werden.

Ausgangsszenario

Die Simulation des Ausgangsszenarios ergibt das in Abbildung 3.5.1 dargestellte Bild. Die Variablen werden auf einem Niveau angesetzt, das sich im Mittelfeld der Möglichkeiten befindet. Ohne unmittelbare Eingriffe auf die einzelnen Variablen, die dann eine Veränderung dieser bewirken würde, bleibt das System auf einem gleichbleibenden Niveau.

3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

3.5 Genauere Betrachtung von Teilbereichen durch die Simulation von Teilszenarios

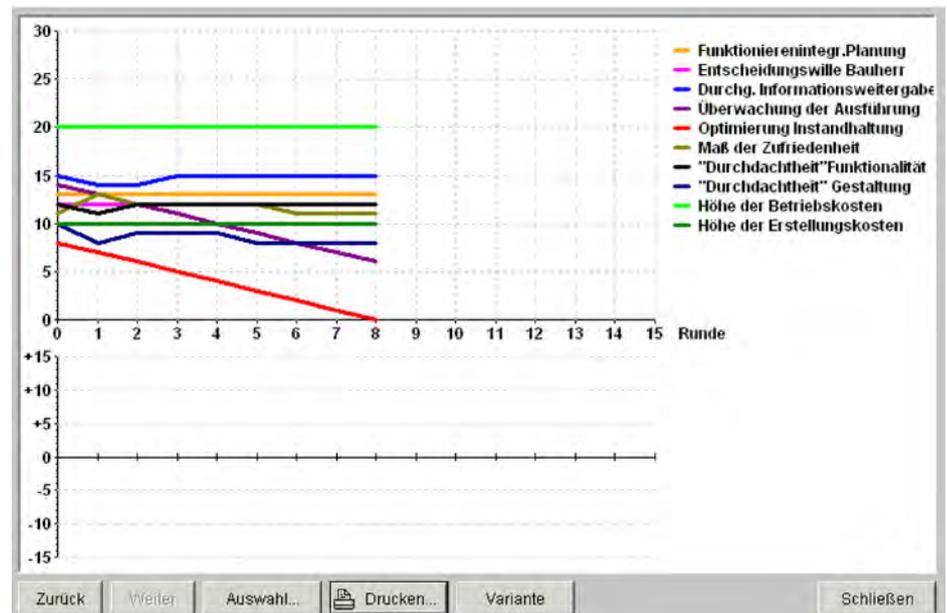


Abbildung 3.5.1: Variablenentwicklung ohne Veränderungen dargestellt im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

Entscheidungswille des Bauherrn

Dargestellt ist, wie sich die Variablen verändern, wenn die Variable *Entscheidungswille des Bauherrn* (hier rosa) verbessert wird. Die einmalige Erhöhung ist gleichbedeutend mit der Bauherr ist ergebnisorientiert ohne zeitintensive Abstimmungsprozesse. Er stellt schon zu Beginn der Planungsphase konsequent eine Bedarfsplanung und durchsetzbare Zielvereinbarungen auf und fordert diese in der Weiterbearbeitung ein. Darin sind Qualitätsniveaus festgelegt und Nachhaltigkeitsaspekte als Vorgaben definiert, wie energetischer Standard, Materialwahl, ökologische Kriterien. Außerdem ist eine Kostenobergrenze definiert und wird mit erreichbaren Zielen unterfüttert. Der Bauherr setzt die Zielvereinbarung, trotz Hindernissen in Planung / Ausschreibung / Bau durch und ist bei Abweichungen konsequent in seinen Reaktionen.

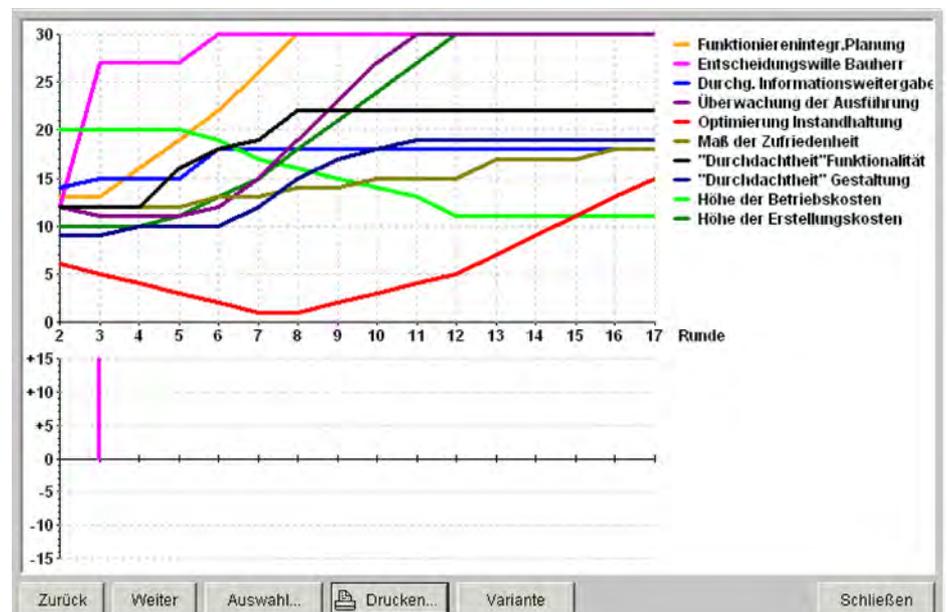


Abbildung 3.5.2: Variablenentwicklung bei Erhöhung der Variable Entscheidungswille des Bauherrn dargestellt im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

#### 3.5 Genauere Betrachtung von Teilbereichen durch die Simulation von Teilszenarios

Die Erhöhung von *Entscheidungswille des Bauherrn* hat nach mehreren Runden, die hier Monate bzw. Wochen sein können, einen großen Einfluss auf die anderen Variablen. Vor allem die Variable *Funktionieren der integralen Planung* bekommt einen sehr positiven Impuls, im späteren Verlauf auch die *Effizienz der Überwachung der Ausführung*. Positiv lassen sich auch die Variablen „*Ganzheitliche Durchdachtheit*“ der *Funktionalität*, „*Ganzheitliche Durchdachtheit*“ der *Gestaltung*, sowie die *Optimierung der Erstellungs- und Betriebskosten* beeinflussen. Bei der Variablen *Höhe der Erstellungskosten* ist zu beachten, dass hier eine Steigerung bedeutet, dass sich die Kosten optimieren lassen auf möglichst geringe Lebenszykluskosten. Damit sinkt der Wert *Höhe der Betriebskosten* bis zu einem Punkt je weiter die Erstellungskosten optimiert werden. Die *Optimierung der Instandhaltung* stellt sich auf ein Optimum in der Mitte ein.

Der Bauherr hat also in dem gesamten Gefüge mit seinen Entscheidungen eine wichtige Rolle, dies ist manchen Bauherren so nicht bewusst. Auch in [Hirsch 2011] und [Deppisch 2011] wird die Position vertreten, dass die Rolle des Bauherrn von sehr großer Bedeutung ist. Ohne *Entscheidungswillen des Bauherrn* mit klaren Vorstellungen und der Formulierung von konkreten Zielen geht es nicht. Der Bauherr muss aufgeschlossen und konsequent gegenüber Neuem sein und Vertrauen haben in die Planer.

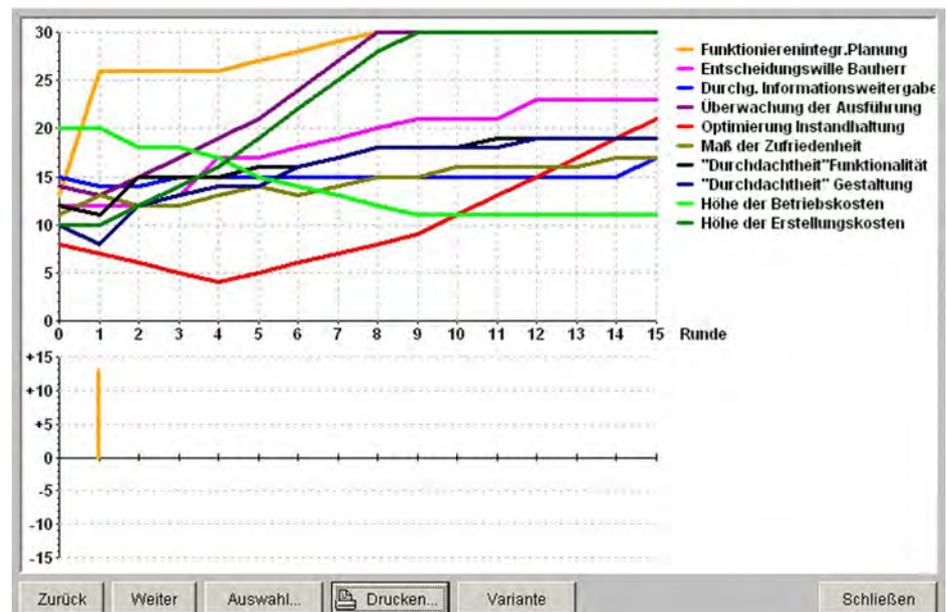


Abbildung 3.5.3: Variablenentwicklung bei Erhöhung der Variable *Funktionieren der integralen Planung* dargestellt im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

Funktionieren der integralen Planung

In dieser Simulation wurde die Variable *Funktionieren der integralen Planung* (hier gelbe Farbe) stark verbessert. Eine Erhöhung dieser Variablen bedeutet, dass die Planungsabläufe klar geregelt sind und Schnittstellen und Zuweisung von Verantwortungen geklärt sind. Es wurde ein Pflichtenheft mit dem Bauherrn erarbeitet, welches mit festgelegten Meilensteinen umgesetzt wird. Die Zusammenarbeit aller an der Planung Beteiligten funktioniert gut. Die Planungsschritte werden in enger Abstimmung aller Beteiligten erarbeitet.

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

#### 3.5 Genauere Betrachtung von Teilbereichen durch die Simulation von Teilszenarios

Diese Veränderung hat zur Folge, dass sich nach mehreren Runden sowohl die *Effizienz der Überwachung der Ausführung*, als auch die *Höhe der Erstellungskosten* optimieren lassen. Die Variablen *Höhe der Betriebskosten*, *Optimierung der Instandhaltung* und etwas auch *Entscheidungswille des Bauherrn*, „*ganzheitliche Durchdachtheit*“ der Gestaltung / *Funktionalität* lassen sich positiv beeinflussen. Insgesamt ist es aber ein Prozess, der sich über einen größeren Zeitraum hinzieht. Es kann davon ausgegangen werden, dass die alleinige Veränderung dieser Variablen nicht ausreicht, um langfristige positive Wirkungen zu erzielen.

Nach [Kohler 2003] ist ein Gebäude ein komplexes System von Teilsystemen, Elementen, Akteuren und Einwirkungen. In der Planung muss ständig mit unvollständigen und schwach strukturierten Daten umgegangen werden. Planung kann deshalb nur erfolgreich sein, durch die simultane Berücksichtigung einer Vielzahl von Kriterien im Entwurf und die hohe Bereitschaft der Planungsbeteiligten zur Kooperation von den ersten Entwurfsideen bis zur Betriebsoptimierung. Durch die zunehmende Differenzierung und Detaillierung des Planungsgegenstandes im Planungsprozess kann es nicht eine richtige Lösung geben, sondern die optimale Lösung tritt in einem „mehrdimensionalen“ Lösungsraum auf.

„Ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung

In dieser Simulation wurde die Variable „*Ganzheitliche Durchdachtheit*“ der Gestaltung stark erhöht. Die Erhöhung bedeutet, das architektonische Konzept setzt sich kritisch mit dem Ort, den klimatischen Bedingungen und der Lage sowie den energetischen und ökologischen Aspekte auseinander und entwickelt daraus ein schlüssiges, ganzheitliches Konzept von Konstruktion und Material. Das Vorgehen hier ist eine eher theoretische Herangehensweise, denn das Bemühen jedes Planers wird es immer sein, eine hohe gestalterische Qualität zu erzeugen. Gemeint ist hier die bewusste Einbeziehung von ökologischen und energetischen, sowie materialbezogenen Aspekten in die gestalterischen Überlegungen.

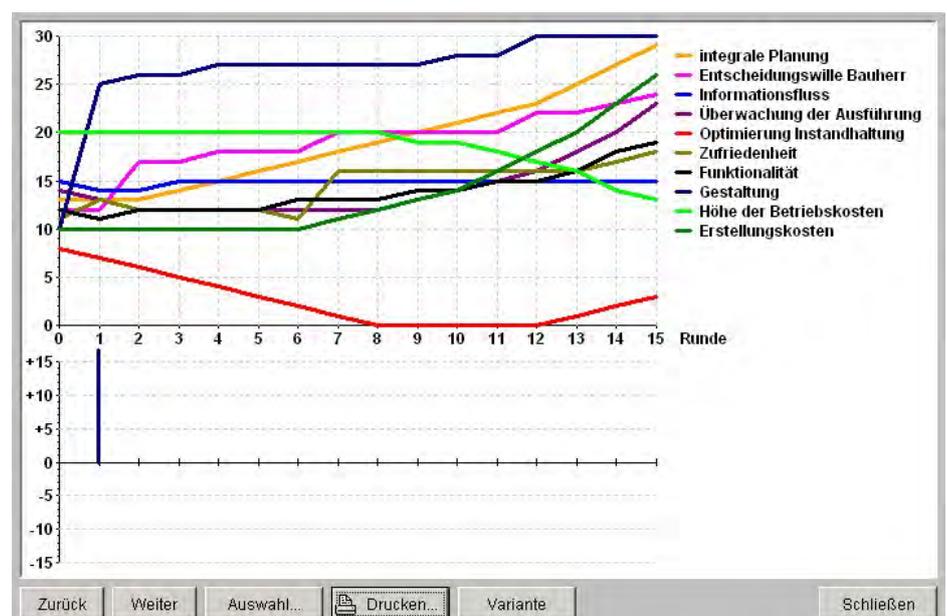


Abbildung 3.5.4: Variablenentwicklung bei Erhöhung der Variable „Ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung dargestellt im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.5 Genauere Betrachtung von Teilbereichen durch die Simulation von Teilszenarios

Diese Änderung bewirkt erst allmählich und langsam eine positive Veränderung der anderen Variablen. Es ist kein Hebel um sofortige Veränderungen erzeugen zu können. Die Veränderungen machen sich erst langsam bemerkbar, allerdings werden fast alle Variablen langfristig positiv beeinflusst. Eindeutige Aussagen, wie nachhaltige Architekturgestaltung aussieht, sind schwer zu machen. Jedoch kommt „der Architektur die Aufgabe zu, die Kluft zwischen Askese, die der ökologische Purismus diktiert, und unserem Dasein, das Behaglichkeit, Komfort und Bequemlichkeit – zumindest in einem gewissen Maße – zwingend voraussetzt, zu schließen. ... Das „nachhaltige Bauen“ braucht endlich eine überzeugende sinnliche Präsenz“.

[Kaltenbrunner 2009a, Seite 4]

Funktionieren der integralen Planung und „ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung

Da die Veränderung einzelner Variablen mehrere Runden braucht, bis sie sich auch auf die anderen Variablen positiv auswirkt, wird nun eine Simulation durchgeführt, in der die Variablen *Funktionieren der integralen Planung* und *„ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung* nacheinander erhöht werden. Die Ergebnisse in Abbildung 3.5.5 zeigen, dass sich durch die positive Veränderung beider Variablen, also der besseren Zusammenarbeit der Planer in einem iterativen Prozess und der Gestaltung durch Berücksichtigung des Ortes, Konzeptionen zu Energie und Ökologie, auch die anderen Variablen kurzfristig verändern. Hier überlagern sich die Beeinflussungen der beiden Variablen. Die Wechselwirkungen bewirken sehr kurzfristig einen positiven Anstieg des *Entscheidungswille des Bauherrn* und der *Effizienz der Überwachung der Ausführung*. Die *„ganzheitliche Durchdachtheit“ der Funktionalität* und *Maß der Zufriedenheit* lassen sich positiv beeinflussen. Die Erstellungskosten steigen zwar an, jedoch sinken gleichzeitig die späteren Betriebskosten, was bedeutet, dass die Kosten auf Lebenszykluskosten (also Erstellungskosten, Betriebskosten und Instandhaltungskosten) hin optimiert werden.

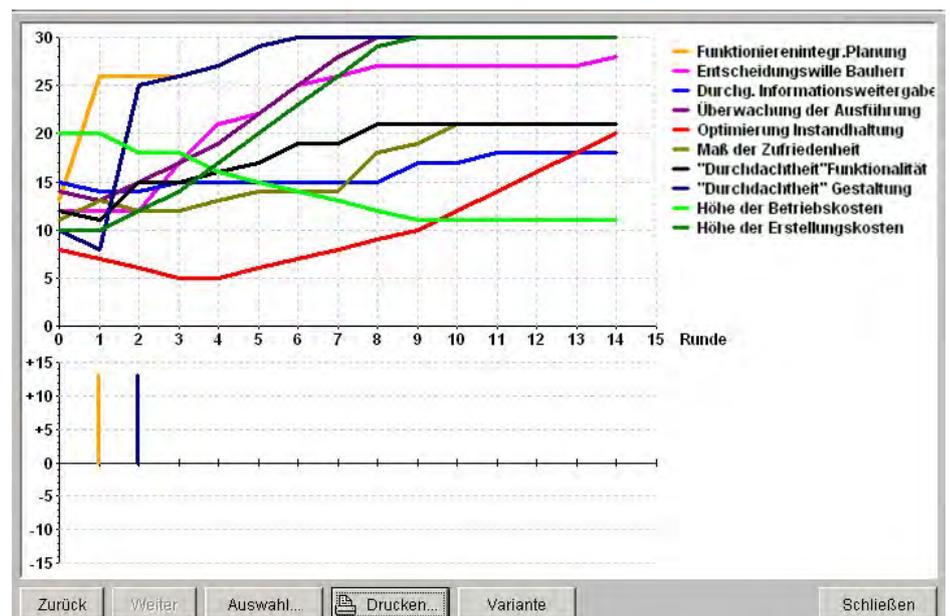


Abbildung 3.5.5: Variablenentwicklung bei Erhöhung der Variable *Funktionieren der integralen Planung* und *„Ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung* dargestellt im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

### 3. Untersuchung der Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell

### 3.5 Genauere Betrachtung von Teilbereichen durch die Simulation von Teilszenarios

Entscheidend sind hauptsächlich die Veränderungen, die durch Wechselwirkungen in den anderen Variablen ausgelöst werden. Nach [Kaltenbrunner 2009a/b] sind konzeptionelle Vorüberlegungen, sorgfältige Planung, ausgereifte Details und stimmiger Kontext die wichtigen Schritte zu nachhaltiger Architektur.

Die gemeinsame Veränderung des *Funktionierens der integralen Planung* und der „*ganzheitlichen Durchdachtheit*“ der Gestaltung sind im theoretischen Modell durch die hierdurch ausgelösten Wechselwirkungen ein Schlüssel dem nachhaltigen Bauen näher zu kommen.

Der Zusammenhang, den integrale Planung und Gestaltung haben, soll im nächsten Kapitel durch die Analyse von gebauten Beispielen genauer untersucht werden.

## 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

### 4.1 Vorbemerkungen

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Begriffe Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität erläutert, sowie ein System von Wechselwirkungen der einzelnen Aspekte dargestellt. Aus der Simulation der Wechselwirkungen wurde festgestellt, dass eine deutliche Verbesserung der Überbegriffe *Funktionieren der integralen Planung* und „*ganzheitliche Durchdachtheit*“ der Gestaltung einen großen Input liefert für die Verbesserungen der anderen Einflussvariablen und sie damit das Potenzial haben das gesamte System voranzubringen.

Diese Zusammenhänge sollen im Folgenden an gebauten Beispielen untersucht werden. Hierfür werden mehrere nachhaltige Gebäude auf die jeweiligen Einflussparameter hin analysiert.

Ausgewählt wurden Gebäude, die als nachhaltig und gestalterisch herausragende Beispiele in den letzten Jahren veröffentlicht und mit Preisen ausgezeichnet wurden. Es sind Gebäude, die nicht formal auf Nachhaltigkeit zertifiziert wurden.

Als Gebäude wurden vier Beispiele ausgewählt:

- Biohotel im Apfelgarten, Hohenbercha (Hotel), Deppisch Architekten
- Patchworkhaus, Müllheim (Einfamilienhaus), Pfeifer Roser Kuhn Architekten
- Mehrfamilienhaus aus Dämmbeton, Zürich (Wohnen), Maier Hess Architekten
- Gemeindezentrum, Ludesch (Verwaltungsbau mit Veranstaltungsräumen), Hermann Kaufmann ZT GmbH

Jedes Gebäude ist einer anderen Gebäudekategorie zugeordnet, um nicht spezifische Vorgänge eines Gebäudetyps zu verallgemeinern. Die Auswahl beschränkt sich nicht auf bestimmte Baumaterialien. Auch sind die erreichten energetischen Standards unterschiedlich, genauso wie die dazugehörigen Energiekonzepte.

Die Gebäude werden nach den unten genannten Kriterien untersucht:

Bauliche Situation und Gestaltung

- Umgang mit Ort und Bestand
- Zusammenhang mit lokaler Bautradition
- Lage und Orientierung: für Entwurf / energetisches Konzept wichtig?
- Zonierung im Gebäude
- Funktionalität (Anspruch heute, offen für Zukunft, Flexibilität)
- Gebäudehülle: Welche Bedingungen muss die Hülle erfüllen, wie wurde darauf eingegangen?
- Was hat die Gestaltung des Gebäudes entscheidend beeinflusst?

Planung und Bauausführung

- Wie wurden Vorgaben des Bauherren dargestellt
- Anspruch des Bauherrn:  
Was war Vorgabe, was hat sich im Prozess gewandelt?
- Einbeziehung der Nutzer:  
Wurden Nutzer / Bewohner in den Planungsprozess einbezogen?
- Planungsentscheidungen:  
Wann wurde wer einbezogen, wie liefen Zusammenarbeit und Informa-

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

##### 4.1 Vorbemerkungen

tionsaustausch, wurden Lösungen und vorgefertigte Meinungen hinterfragt, wer war für den Informationsaustausch verantwortlich?

- Einbindung Handwerker / Ausführung:  
Wie lief die Zusammenarbeit in der Bauausführung?
  - Gab es Vorgaben zu Vergabe von Leistungen, Umgang mit Baufehlern, Bauüberwachung?
- Energie
- Welche Vorgaben sollten erreicht werden?
  - Energiekonzept und Umsetzung
  - Hat das Energiekonzept sich auf die Gestaltung ausgewirkt?
  - Einsatz von Haustechnik und Gebäudeautomation (high-tec / low-tec), wie viel Haustechnik ist nötig und verwendet – warum?
  - Betriebsenergie, Energieinhalt in den Materialien, wie / wann wurde das Thema eingebracht?
- Materialität
- Welche Materialien werden verwendet?
  - „Gesunde Gebäude“: Wurde Wert auf schadstoffarme Baustoffe gelegt?
  - Detailplanung: Einfache Konstruktion, Vorfertigung, Fehleranfälligkeit
- Baukosten, Instandhaltung und Nutzung
- Waren die Baukosten limitiert / wurden sie erhöht?
  - Spielten Lebenszykluskosten eine Rolle?
  - Wurde die Instandhaltung mitbedacht?
  - Wurden Trennbarkeit einzelner Schichten, Recycling, Wiederverwendung und Entsorgungsüberlegungen einbezogen?
  - Wie wird das Gebäude heute genutzt (aus Bauherren- / Nutzersicht)?

Anhand der Analyse der Beispiele wird für jedes Gebäude eine schematische Ablaufbeschreibung der gesamten Planung und des Baus erstellt. Hierbei wird aufgezeigt, welche Teilaspekte sich wie und wann beeinflussen. Es wird herausgearbeitet wie das Energiekonzept entstanden ist und wie es sich auf den Entwurf ausgewirkt hat, wodurch die Gestaltung beeinflusst, welche Materialien eingesetzt und wie damit umgegangen wurde.

In Anhang 11.3 sind die Projektdaten der Gebäude in einer Tabelle zusammengefasst.

Die Grundrisse und Fassadenschnitte der einzelnen Gebäude sind in Anhang 11.4 dargestellt.

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien

##### 4.2.1 Hotel im Apfelgarten, Hohenbercha



Abbildung 4.2.1:  
Apfelhotel in Hohenbercha: Gesamtansicht mit Garten

**Bauherr:** A. Hörger, Hohenbercha  
**Ort:** 85402 Hohenbercha  
**Planung:** Deppisch Architekten, Freising  
**Tragwerk:** Ingenieurbüro Cohrs  
**HLS:** Vogt + Partner  
**Elektroplanung:** Planungsbüro Silberbauer  
**Nettogeschossfläche:** 590 m<sup>2</sup>  
**Bauvolumen (BRI):** 2974 m<sup>3</sup>  
**Heizwärmebedarf:** 54,7 kWh/m<sup>2</sup>a  
**Fertigstellung und Bezug:** 2006  
**Baukosten:** 1,14 Mio. Euro (ohne Photovoltaik)

#### Bauliche Situation, Gestaltung

Der Bauherr beauftragte den Architekten mit einem Hotelbau, der zu der Philosophie – umweltverträglich, regional, ökologisch und naturnahe Materialien – der bestehenden Tafernwirtschaft passte. Da der Bauherr schon ein- einhalb Jahre mit einem anderen Hotelarchitekten geplant hatte, gab er genaue wirtschaftliche Vorstellungen über die Kosten des Baus, seine funktionalen Bedingungen und Anzahl der Zimmer vor. Zusätzliche Bedingung für den Bau war der sehr enge Zeitrahmen; das Gebäude sollte nach einem Jahr bezugsfertig sein (zur Fußballweltmeisterschaft 2006).

Auf dem Grundstück sollte die bestehende Tafernwirtschaft um einen Hotelbereich erweitert werden. Neben dem traditionellen Dreiseithof und dem Erweiterungsbau der Tafernwirtschaft bestand auf dem Grundstück ein großer Apfelgarten. Mit der Positionierung des langgestreckten Hotelbaus am südöstlichen Ende des Grundstückes wurde das Grundstück gefasst und der historische Apfelgarten in den Mittelpunkt gerückt. Die bis dahin am Grundstück verteilten Parkplätze wurden im Norden gebündelt und eine eindeutige Eingangssituation für das Anwesen geschaffen.

Das Motiv des Apfelgartens wurde durch die Bezugnahme auf einen früheren ortsansässigen „Apfelpfarrer“ und Apfelzüchter (Korbinian Aigner), dessen

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien

künstlerischer Nachlass aus einer großen Anzahl von Apfelbildern besteht, auf das Innere des Hotels übertragen. Die Zimmer sind nach den unterschiedlichen Apfelsorten benannt und werden je durch ein Bild geschmückt. Alle Zimmer sind mit Blick zum historischen Apfelgarten (nach Westen) ausgerichtet. Das Haus folgt dem nach Süden abfallenden Hang und bildet den Abschluss des Grundstückes. Die Erschließung der Zimmer erfolgt über einen Laubengang, als Übergang zwischen Außenraum und Innen. Nur die Zimmer gehören zur gedämmten Hülle, der Erschließungsbereich liegt im „Kaltbereich“ und hat einen Sicht- und Windschutz zum Eingangsbereich, um Privatheit herzustellen. Die Zimmer selbst werden durch einen kleinen Flur betreten, der zugleich Teil des Bades ist. Die Doppelfunktionalität erschließt sich nicht unmittelbar. Der Flurbereich konnte dadurch eingespart werden. Die Zimmer sind sehr flächensparend organisiert.

In seiner Gestaltung bezieht sich der Bau auf das Eingehen und Freilegen der Geschichte des Ortes und der Übertragung der Ansprüche der Tafelwirtschaft auf die Architektur. Auch die kurze Zeit von Planung bis Baufertigstellung hat die Konzeption mit beeinflusst.

Auszeichnungen

BDA-Preis 2010 Bayern, Contractworld.award 2010, Deutscher Holzbaupreis 2008, Anerkennung, Gestaltungspreis der Wüstenrotstiftung 2008 „Energieeffiziente Architektur in Deutschland“, Hypo Real Estate Architekturpreis 2008, Wessobrunner Architekturpreis 2008

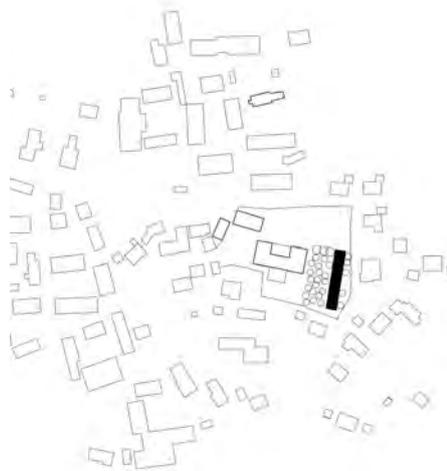


Abbildung 4.2.2:  
Lageplan Apfelhotel in Hohenbercha

Planung,  
Bauausführung

In die Konzeptentwicklung wurden frühzeitig die Fachplaner für Tragwerk und Haustechnik miteinbezogen. Die Energiekennwerte wurden zusätzlich von den Architekten immer wieder berechnet. Wichtig war im gesamten Prozess, „alle Planer zu begeistern und mitzureißen, denn nur so kann das Ergebnis überzeugend werden“. [Deppisch 2011] Eine genaue Schnittstellendefinition war nicht vorhanden, durch die intensive Zusammenarbeit und ständige Kommunikation in dem zeitlich begrenzten Rahmen wurde dies ausgeglichen. Die Abstimmung mit dem Bauherrn war sehr intensiv. Die Architekten stellten Ideen vor, die öfter auf Widerstände des Bauherrn stießen (z.B. gegenüber dem Bauen mit Holz oder die Photovoltaikfolie auf dem Dach). In einem von wirtschaftlichen und zeitlichen Interessen geprägten Abwägungsprozess wurde dann ein Lösungsweg gefunden. Dabei gab es Abstriche auf Architektenseite und auch der Bauherr hat sich Neuem

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien

geöffnet. Probleme mit den Genehmigungsbehörden wurden in zwei Orts-terminen weitestgehend überwunden und so eine rasche Genehmigung erreicht. Nach der Genehmigung wurden die Betonfundamente noch vor dem Winter hergestellt. Die Vorfertigung des Holzbaus konnte im Winter in der Halle erfolgen. Der Aufbau des Rohbaus wurde im Frühjahr in zwei Wochen umgesetzt. Wegen der kurzen Zeit von Genehmigung zu Baubeginn wurden bei der Planungen die Zimmerei in Abstimmung mit Elektriker und Haustechnik miteinbezogen. Wichtig war es, immer die Handwerker von Holzbau bis zum Fliesenleger zu begeistern, damit die Arbeiten gut werden. Nachdem dem Bauherrn bekannte Firmen die Arbeiten ausführen sollten, wurden nur Vergleichsangebote eingeholt, um Preise auszuloten. Durch kontinuierliche Kontrollen des bauleitenden Architekten – zu Stoßzeiten täglich – und viele Gespräche mit den Handwerkern konnte die Umsetzung in der gewünschten Qualität erfolgen.

Das Tragwerk besteht aus jeweils einzelnen Kisten aus Massivholzplatten für jedes Zimmer, die zu einem Gesamtsystem zusammengefügt wurden. Dies hat im zeitlich engen Bauablauf den Grad der Vorfertigung erhöht und war den hohen Schallschutzanforderungen zuträglich.

#### Energie

Als Vorgabe sollte ein über der damals gültige EnEV liegender Standard (Heizwärmebedarf 54,7 kWh/m<sup>2</sup>a) mit möglichst geringem Technikaufwand erreicht werden. Umgesetzt wurde dies mit einem wegweisenden Energiekonzept, das auf einem Biomassekraftwerk, Zuluftkonzept über Fenster und Photovoltaikmodulen beruht. Die Gebäudehülle ist sehr kompakt und stark gedämmt, der Erschließungsgang wird nicht beheizt.

Ein Biomasseheizkraftwerk am Ortsrand versorgt das gesamte Anwesen und es gibt Überlegungen die Energieversorgung des Ortes zukünftig darüber zu bündeln. Gebäudetechnik wird sparsam verwendet, und diese musste bedienerfreundlich sein. Nur ein zentraler 47m langer Versorgungsstrang ist im Hohlraum unter den Bädern / Fluren der Zimmer verlegt. Von dort werden Stichleitungen jeweils ins Obergeschoss geführt. Ein Raum im Erdgeschoss funktioniert als Technikraum. Die Zimmer werden über eine Fußbodenheizung, das Bad zusätzliche über eine Wandheizung beheizt; Warmwasser wird aus der Abwärme der Küchentechnik erzeugt. Es gibt für jedes Zimmer ein Zu- / Abluftsystem, das nach Kalkulation von Kosten und Nutzen ohne Wärmetauscher ausgestattet wurde. Die Photovoltaikanlage von 360m<sup>2</sup> deckt den jährlichen Strombedarf des Hotels und ist als Dachabdichtung auf dem nach Süden geneigten Baukörper angebracht. Die Neigung des Daches im gleichen Gefälle wie der Hang führt zu einem über die Längsseite geneigten Dach. Das gesamte Regenwasser des Daches läuft über diese Schräge ab, reinigt die Photovoltaik und läuft dann über die verblechte Südseite in einen vorgelagerten Sickergraben und von dort in den Hofweiher. In den Zimmern ist die Westseite zum Apfelgarten komplett verglast; jedoch ist nur der mittig sitzende Öffnungsflügel transparent ausgeführt und hat direkten Bezug zum Apfelgarten. Die restlichen Glasflächen sind transluzent und lassen Sonnenlicht als individuelles Schattenspiel des Baumbestandes in die Zimmer. Von Außen ist aber keine Einsicht möglich. Im Winter kann einfallende Sonnenstrahlung die Zimmer erwärmen, im Sommer verschatten die Bäume die Fenster. Es gibt keinen vorgelagerten Sonnenschutz oder Balkone, im Betrieb konnte festgestellt werden, dass durch Verschattung der Bäume die Temperatur in den Zimmern auch im Hochsommer meist unter 28 Grad Celsius bleibt. An den Stellen, wo neue Apfelbäume gepflanzt wurden, funk-

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien

tioniert dies jedoch z.Z. an Sommertagen noch nicht. Sobald die Bäume größer sind wird sich dies verbessern. Insgesamt wurde für ein Hotel nur sehr wenig Technik verwendet und diese sehr bedienerfreundlich in low-tec ausgeführt.

##### Materialität

Die eingesetzten Materialien wurden möglichst naturbelassen verwendet. Auf den Einsatz von nachwachsenden und recyclebaren Rohstoffen – hier Holz, Holzwerkstoffe, Zellulosefasern – als Baumaterial wurde Wert gelegt. Das gesamte Gebäude kann wieder in seine Einzelteile zerlegt werden. Die Innenwände der Zimmer bestehen aus geschliffener Zirbelkiefer und wurden nach dem Schleifen nicht weiter behandelt. Hierfür wurde die raumseitige Lage der Massivholzplatten in Zirbelkiefer ausgeführt, da dieses Holz als bakterienhemmend gilt und der lang anhaltende Geruch eine beruhigende Wirkung hat. Die Laubengangverschalung besteht aus Lärchenbrettern und wurde braun lasiert, um sich den umliegenden Holzscheunen anzupassen. Die Photovoltaik ist in die Dachabdichtungsbahn integriert und erfordert keine zusätzlichen Konstruktionen.

##### Baukosten, Instandhaltung, Nutzung

Der Bauherr hatte eine Höchstgrenze der Baukosten festgelegt, die durch die Verwendung von Zirbenholz und Photovoltaik überschritten wurde. Für die Mehrkosten hat sich der Bauherr bewusst entschieden und profitiert inzwischen im Betrieb davon (Stromvergütung). An anderen Stellen wurden deshalb immer wieder Einsparungen durchgesetzt (z.B. keine Balkone, die auch als Schattenspender geplant waren; keine Wärmerückgewinnung).

Die Hotelzimmer sind ausgelegt für Geschäftsreisende. Die Zimmer sind meist ausgebucht und die neuartige Herangehensweise an den Hotelbetrieb trägt mit zu dem Erfolg des Hotels bei, sodass inzwischen auch Feriengäste das Hotel belegen.

Um die Zugerscheinungen im Laubengang zu verringern, wurde im Obergeschoss nach Inbetriebnahme die Südseite des Laubengangs mit einem Glasfenster geschlossen. Dies war die einzige Änderung, die im Betrieb des Hotels noch nachgerüstet werden musste.

Durch verschiedene Architekturpreise wurde dem Hotel viel Anerkennung zugesprochen, was den Bauherren und auch die am Bau Beteiligten mit Stolz erfüllt. Der Bauherr plant inzwischen auch sein Stammhaus von denselben Architekten als Gesamtanlage sanieren zu lassen.

##### Besonderheiten

Hierzu wird in Ausschnitten aus der Begründung der Jury zur Preisvergabe des BDA-Preises Bayern 2010 und des Contractworld.award 2010 zitiert:

„Der respektvolle Umgang mit den Ressourcen und der Umgebung ist eine Haltung, die für das Bauen insgesamt noch viel wichtiger werden sollte.“

„Klar, puristisch, formal reduziert: So zeigt sich das Biohotel im Apfelgarten, der jüngste Ergänzungsbau der Tafernwirtschaft Hörger in Hohenbercha.

Architekten und Bauherrenschaft haben ein wegweisendes Energiekonzept realisiert, das auf einem Biomassekraftwerk, Wärmetauschern und Photovoltaikmodulen beruht.“ [Deppisch 2010]

**4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen**

**4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien**

Ablauf

Das Vorgehen in den einzelnen Phasen kann als Ablaufdiagramm in Abbildung 4.2.3 wie folgt beschrieben werden.

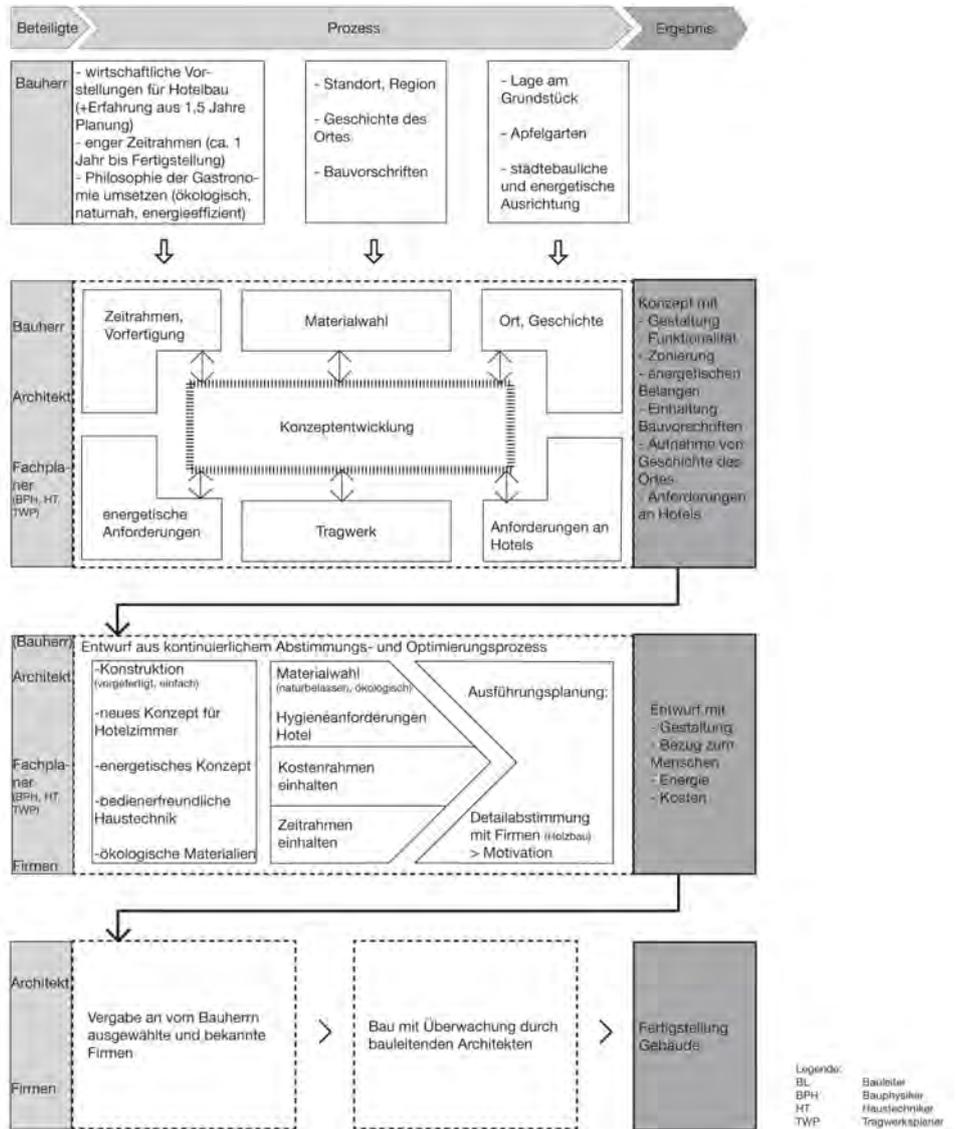


Abbildung 4.2.3: Ablaufdiagramm der Planung des Apfelhotel in Hohenbercha

Wichtig ist die genaue Analyse des Ortes und dessen Geschichte gewesen. Der sich iterativ weiterentwickelnde Entwurfsprozess zwischen den an der Planung Beteiligten und auch der Abstimmung mit dem Bauherrn in einem sehr engen Zeitfenster hat sicherlich manche Entscheidungen herbeigeführt, die durch eine größere Zeitspanne nicht so zielorientiert umgesetzt worden wären. Wichtig war auch, dass der Bauherr sich auf das Experiment einer neuartigen Hotelkonzeption einlassen konnte, die sich durch eine Minimierung der Flächen der einzelnen Zimmer, Minimierung der beheizten Hülle und möglichst wenig Haustechnik auszeichnet. Durch den engen Zeitplan haben sich Ausführungsplanung und Baubeginn überschritten. Nachdem der Holzbau fertig gestellt war, fand in der Ausbauphase eine tägliche Bauüberwachung statt, um den Qualitätsstandard erreichen und die Terminsetzungen einhalten zu können.

**4.**  
**Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen**

**4.2**  
**Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien**

Soziale Einbindung

Der Baukörper weist einen respektvollen Umgang mit den Ressourcen und der Umgebung auf und verbindet Tradition mit Moderne.

Energetische Komponente

Die wichtigsten Teilbereiche des Energiekonzeptes sind ein kompakter Baukörper mit geringer beheizter Hülle und der Ausführung der Hülle mit einem hohen Dämmstandard. Es wird wenig und bedienerfreundliche Haustechnik eingesetzt, die kompakt als Strang unter den Bädern des Erdgeschosses verläuft. Es gibt für jedes Zimmer eine Zu- / und Abluft, jedoch keine Kühlung und keine Wärmerückgewinnung. Die Heizwärme wird durch ein örtliches Biomassekraftwerk erzeugt, Warmwasser über die Abwärme der Küchentechnik. Der Strombedarf des Hotels wird über die Photovoltaikanlage gedeckt.

Das Regenwasser des Daches läuft über die nach Süden geneigte Dachfläche ab. Die Photovoltaikbahnen werden dadurch gereinigt. Das Wasser läuft über die Südwand in den Boden und von dort zum Hofweiher.

Zusammenarbeit mit Fachplanerteam

Durch die frühzeitige Einbeziehung der Fachplaner und das Engagement auf allen Seiten, konnten die Vorgaben des Bauherrn möglichst umweltverträglich zu bauen, wenig, aber bedienerfreundliche Technik zu verwenden und den Zeitrahmen einzuhalten, umgesetzt werden. Die Zusammenarbeit verlief konstruktiv und gut; durch den starken Zeitdruck mussten viele Dinge kurzfristig entschieden werden. Wichtig war von Anfang an, den Bauherren, alle Planer und auch die ausführenden Firmen für die Bauaufgabe zu begeistern und so ein möglichst langes Durchhaltevermögen im iterativen Planungsprozess und eine hohe Qualität des Gebäudes zu erreichen. Die Baufirmen kamen aus der Region und waren dem Bauherren meist bekannt.

Wodurch entsteht die Gestaltung

Die Beschäftigung mit dem Ort und seiner Geschichte, sowie den Menschen, für die gebaut wird, sind Grundlage der Gestaltungsüberlegungen. Die Funktionalität eines Hotelbaus wurde neu interpretiert und mit den Vorgaben des Energiekonzeptes in Einklang gebracht. Auch der Zeitfaktor, der zu einer industriellen Vorfertigung des Baus führte, hat in den Gestaltungsüberlegungen eine Rolle gespielt. Außerdem brauchte es einen willigen, überzeugten Bauherrn, um dies konsequent umzusetzen. [Deppisch 2011]

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien

##### 4.2.2 Patchworkhaus, Müllheim



Abbildung 4.2.4:  
Ansicht Patchworkhaus

**Bauherrin:** Dr. C. Daubenberger, Müllheim

**Ort:** 79379 Müllheim

**Planung:** pfeifer roser kuhn architekten  
(seit 07/2005 pfeifer.kuhn.architekten), Freiburg

**Tragwerk:** Greschik und Falk

**Energiekonzept / thermische Simulation:** Delzer Kybernetik GmbH

**Haustechnik:** Balck und Partner

**Nettogeschossfläche:** 294 m<sup>2</sup>

**Bauvolumen:** 1179 m<sup>3</sup>

**Heizwärmebedarf:** 35 kWh/m<sup>2</sup>a

**Fertigstellung und Bezug:** 2005

**Baukosten:** 480.000€

#### Bauliche Situation, Gestaltung

Von der Bauherrin wurde ein ökologisches Gebäude, in dem zwei Parteien unter einem Dach leben und doch unabhängige Bereiche für sich beanspruchen können, als einzige Vorgabe definiert. Im Gegensatz zu einem Zweifamilienhaus sollten das Individuelle und das Gemeinsame stärker miteinander verzahnt werden.

Das Baugrundstück liegt in einem Neubaugebiet und wurde gemeinsam von Bauherrin und Architekten nach Bebauungsplan und Ortstermin ausgewählt. Dabei wurde speziell auf die Besonnungssituation geachtet. Auf Grund der Bauvorschriften waren die Gebäudeausrichtung und ein Satteldach vorgegeben. Die klassische Gebäudeform mit verputzten Giebelwänden wurde durch die Ausbildung der Fassade als Luftkollektor überspitzt. Hierbei entstand in der Fassade und der Dachhaut ein Bild, das sich durch eine reflektierende Außenhaut im Wechselspiel mit durchscheinendem Holz und sich abbildenden Innenräume auszeichnet.

Die vagen Vorstellungen der Bauherrin von einer flexiblen Nutzung unter energieeffizienter Hülle wurden von den Architekten durch eine große, lichtdurchflutete Halle, die sich über alle Geschosse erstreckt und als Energie-

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien

garten wirkt, als zentrales Element umgesetzt. Die Individualräume sind um diese Halle angeordnet und wechseln in jedem Geschoss die Ausrichtung. Dadurch können die Parteien an allen Besonnungsrichtungen teilhaben. Im Erdgeschoss teilt die Halle die beiden Bereiche und wird als gemeinsame Aufenthaltszone genutzt. Im Obergeschoss ist die Halle um 90 Grad gedreht und ermöglicht dort individuelle Freiräume [Adlbert 2010, Seite 215]. Insgesamt führt die komplexe innere Raumgeometrie des Hauses zu einem flexibel nutzbaren Haustyp unter einer energieeffizienten Hülle.

Auszeichnungen

BDA – Auszeichnung guter Bauten 2005  
Gestaltungspreis der Wüstenrotstiftung 2008 „Energieeffiziente Architektur in Deutschland“, Anerkennung



Abbildung 4.2.5:  
Lageplan Patchworkhaus, Müllheim

Planung,  
Bauausführung

Der Planungsprozess war durch die nur allgemeinen Zielanforderungen der Bauherrin und deren Konkretisierung und Umsetzung durch die Architekten gekennzeichnet. Es bestand ein kontinuierlicher Austausch zwischen Bauherrin und Planern, sowie unter den Planern. Schon in der Vorplanung wurde von den Architekten der Fachplaner für das Energiekonzept und die thermischen Simulationen involviert. Der Entwurf wurde dann in einem iterativen Prozess unter Einbeziehung von energetischen Betrachtungen für Winter- und Sommerfall verfeinert und konstruktiv ausgearbeitet. Für die Detaillierung der Luftkollektorfassade wurde eine Firma für Polycarbonatverkleidungen einbezogen. Die Vergabe der einzelnen Leistungen erfolgte über eine beschränkte Vergabe. Dabei wurden von den Architekten als zuverlässig bekannte Firmen ausgewählt. Die Zusammenarbeit verlief daher reibungslos. Der Anspruch der Bauherrin hat sich im Laufe des Planungsprozesses nur hinsichtlich der Kostenentwicklung geändert. Aus Kostengründen musste auf Unterkellerung und Luftkollektorfassade an den Giebelseiten verzichtet werden.

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien

##### Energie

Das Energiekonzept des Hauses besteht aus mehreren ineinandergreifenden Komponenten. Hierzu gehören der Energiegarten, Detailausbildung der Außenfassaden entweder als Luftkollektor oder als Speichermasse, kleiner Kaminofen und Bauteilaktivierung in den Betondecken, sowie ein kleiner Lüfter im oberen Dachraum, der über einen Kaminzug die oben gesammelte warme Luft in die unteren Raumzonen führt. Daraus ergibt sich ein aus der Überlagerung und dem Ineinandergreifen mehrerer Komponenten aufgebautes komplexes Gefüge eines energieeffizienten Gebäudes, das ausschließlich auf passive Nutzung solarer Energien beruht.

Die große Halle ist neben der räumlichen Organisation auch wichtiger Bestandteil des Energiekonzeptes. Als Energiegarten versorgt sie das Haus mit passiver Sonnenenergie. Die Haustechnik ist sehr einfach gehalten. Es gibt eine Übergabestation an die örtliche Fernheizung, die über Pellets betrieben wird; weitere Haustechnik gibt es nicht.

Für den Transport der warmen Luft aus dem Dachfirst wird ein handelsüblicher Kleinventilator verwendet, der manuell bei Bedarf eingeschaltet wird. Die Dachluken zur Durchlüftung des Hauses werden per Elektroantrieb mit Handsteuerung bedient. Für den Sommer gibt es große Öffnungsmöglichkeiten der Fassade und manuell steuerbare Öffnungen in der Dachfläche. Im laufenden Betrieb wird gerade ein Gebäudemonitoring durchgeführt.

Die Dachhaut besteht aus Polycarbonatplatten. Im Zwischenraum dieser Platten und der massiven Holzbrettstapelwände entsteht eine kontrollierte Luftschicht, die solare Energie nutzbar macht und als Luftkollektor dient. Die im Zwischenraum erwärmte Luft steigt nach oben, sammelt sich im First und wird über einen in einen Kamin integrierten Ventilator wieder in die untere Raumzone gedrückt. Diese dient im Winter zur Heizungsunterstützung. Im Energiegarten und an mehreren Stellen am First befinden sich Dachflächenfenster über die die erwärmte Luft im Sommer entweichen kann. Die verputzten massiven Giebelwände aus einschaligem Mauerwerk sorgen für Speichermasse und eine gute Dämmung.

Die thermodynamische Simulation wurde während des Vorentwurfs bereits überschlägig in die Planung eingebracht. Im Zuge der weiteren Planung – Detailbearbeitung und Werkplanung – wurde diese in einem iterativen Prozess fortlaufend nachjustiert.

##### Materialität

Die Materialität steht in engem Zusammenhang mit dem Energiekonzept bzw. ist Bestandteil davon. Die Giebelwände sind in einschaligem Mauerwerk aus Leichtbetonsteinen ausgeführt, die traufständigen Wände und die Dachflächen in Massivholz in Brettstapelbauweise. Die Dachflächen und Seitenwände bilden an der Außenwand einen komplexen Luftkollektor mit transparenten Polycarbonatplatten, die eine kontrollierte Luftschicht bilden und zusammen mit den Speichermassen der Holzwände die Grundversorgung des Hauses mit passiver, solarer Energie sichern.

Die einzelnen Schichten der Konstruktion sind trennbar und können dem Recycling zugeführt werden. Eine Überprüfung der Baumaterialien in einer Ökobilanz wurde nicht vorgenommen.

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien

Baukosten,  
Instandhaltung,  
Nutzung

Die Höhe der Baukosten spielte im Planungsprozess eine wichtige Rolle. Auf Grund des begrenzten Budgets wurde auf eine Unterkellerung, sowie eine Wärmerückgewinnung verzichtet. Die Planung musste dahingehend angepasst werden.

Die Nutzer sind mit dem Haus sehr zufrieden. Über ein augenblicklich stattfindendes Monitoring wurde festgestellt, dass die zuvor in der Simulation (Delzer Kybernetik) ermittelten Temperaturwerte in der Realität anders verliefen und um einige Grad höher waren (z.B. Maximaltemperatur im Atrium oben errechnet 46,4 °C, gemessen 60 °C). Die gemessenen Werte deuten auf eine Überwärmung des Gebäudes im Sommer hin. Da die Bewohner tagsüber wenig zu Hause sind, wird das auf Handbedienung ausgelegte Lüftungssystem (Entlüftungsklappen im Dach, Warmluftzufuhr aus dem Dach im Winter) nur bei Anwesenheit genützt. Die Lüftungskühleffekte im Sommer können so nur im Anwesenheitsfall erfolgen, dies hat sich als zu wenig erwiesen. Die Handsteuerungen werden deshalb jetzt durch automatische Regelungen ersetzt. [Pfeifer 2010b].

Besonderheiten

Auf Grund der Wünsche der Bauherrin wurde eine neuartige Grundrissaufteilung des Hauses geschaffen, wodurch eine sehr flexible Nutzung der einzelnen Räume möglich ist. Die Herangehensweise an den Entwurf ist durch die frühzeitige Einbeziehung des energetischen Konzepts mit Fokus auf passive Solargewinne in Gestaltung, Konstruktion und Materialität gekennzeichnet. Das Ergebnis ist ein ungewöhnliches Gebäude.

Ein hoher energetischer Standard wird nicht durch eine dicke Dämmschicht erreicht, sondern es wird die in der Umwelt vorhandene Sonnenenergie auf direkte Weise im Gebäude nutzbar gemacht. Die genaue Gestaltung des Baus hängt daher untrennbar mit der Lage auf dem Grundstück und im Kontext, sowie der Materialisierung zusammen.

Ablauf

Das Vorgehen in den einzelnen Phasen kann als Ablaufdiagramm wie in Abbildung 4.2.6 beschrieben werden. Hierbei ist die Phase der Konzeptentwicklung, in der eine erste energetische Abschätzung durch thermische Simulation gemacht wird, hervorzuheben. Die grundlegenden Prinzipien beziehen sich sowohl auf das energetische Konzept, als auch die Gestaltung des Gebäudes mit Materialwahl. Hieraus entwickelt sich im weiteren Verlauf der Planung das konkrete Energiekonzept. Auch die gestalterische Ausformulierung des Entwurfs durch die Materialwahl, Größe und Anordnung von Öffnungen wird in dieser Phase entscheidend beeinflusst. Diese Festlegungen prägen dann den gesamten Entwurf.

**4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen**

**4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien**

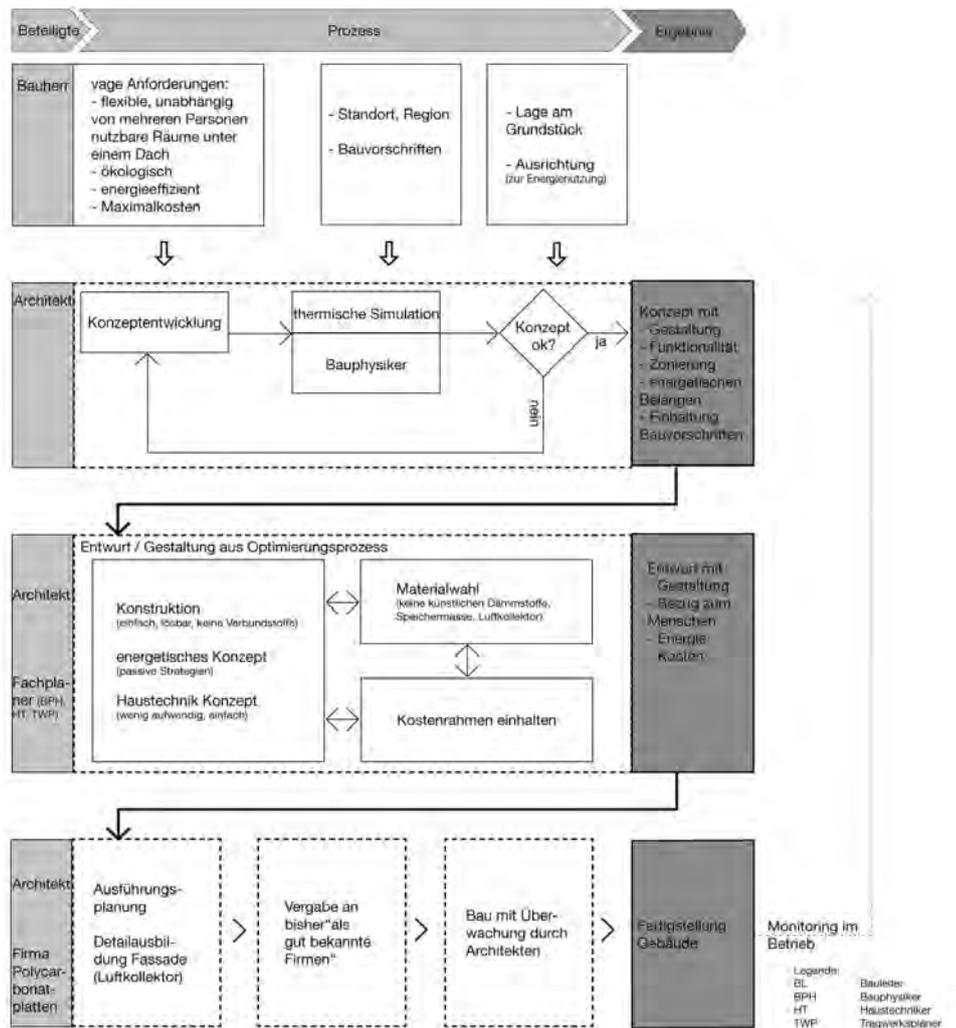


Abbildung 4.2.6: Ablaufdiagramm der Planung Patchworkhaus Müllheim

Soziale Einbindung

Es mussten die Vorgaben aus dem Bebauungsplan eingehalten werden. Der Entwurf ermöglicht eine flexible Nutzung des Gebäudes durch mehrere Personen.

Energetische Komponente

Primäres Ziel war, die passive Nutzung des Solarangebotes durch eine Orientierung der Räume im Gebäude, Energiegarten und Luftkollektorfassade, sowie große Öffnungsmöglichkeiten für den Sommer größtmöglich nutzbar zu machen. Mehrere unterschiedliche und selbstständige Komponenten beeinflussen sich in ihren Wirkungen und machen als Kombination das Energiekonzept aus. Durch die klimaaktive Fassade als Luftkollektor und Speichermasse wird im Winter Sonnenenergie als Wärme nutzbar gemacht. Der Energiegarten hat auch die Funktion der Energiegewinnung; im Winter wird die warme Luft im Dachspitz durch einen Kaminzug mit oben angebrachtem kleinem Lüftungsgerät nach unten gedrückt und dort über Luftauslässe wieder eingebracht. Im Sommer wird die überschüssige Wärme durch im First angebrachte Dachflächenfenster abgeführt. Diese werden von Hand gesteuert. Zusätzliche Wärme in den Wintermonaten wird durch einen Anschluss an das Fernwärmenetz des Ortes bezogen. Es kommt nur minimal Haustechnik zum Einsatz.

**4.**  
**Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen**

**4.2**  
**Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien**

Zusammenarbeit mit Fachplaner team

Schon im Konzeptstadium gab es eine Überprüfung der Ideen zum Energiekonzept anhand einer thermischen Simulation, die im weiteren Planungsverlauf dann angepasst und verfeinert wurde. Zur Detaillierung der Polycarbonatfassade wurde die Firma, die diese Platten verbaut, einbezogen.

Wodurch entsteht die Gestaltung

„Es führt zu Gestalt, was energetisch – primär aus der passiven Nutzung – richtig ist.“ [Pfeifer 2010b]

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien

##### 4.2.3 Mehrfamilienhaus, Zürich



Abbildung 4.2.7:  
Mehrfamilienhaus in Zürich, Gesamtansicht von der Straße

**Bauherr:** A. Hess und A. Maier, Zürich  
**Ort:** CH-8032 Zürich  
**Planung:** Maier Hess Architekten, Zürich  
**Tragwerk:** Huber & Partner  
**Bauphysik:** Gartenmann Engineering  
**Bauleitung:** Ghisleni planen bauen  
**Nettogeschossfläche:** 1414 m<sup>2</sup>  
**Bauvolumen:** 4912 m<sup>3</sup>  
**Heizwärmebedarf:** 32,8 kWh/m<sup>2</sup>a  
**Fertigstellung und Bezug:** 2008  
**Baukosten:** 2,7 Mio. (in Euro)

Bauliche Situation,  
Gestaltung

Für die Bebauungen gilt in diesem Gebiet die Quartiererhaltungszone, die alle Neubauten berücksichtigen müssen. Das viergeschossige Wohnhaus mit zurückspringendem Dachgeschoss und Tiefparterre nimmt deshalb wesentliche Elemente der umgebenden Häuser auf, zeigt aber auch seine Modernität. Übernommen werden die rückwärtige Erschließung durch den Innenhof, ein zusätzliches Hofgebäude und eine repräsentative Fassade zur Straße. Der Neubau wurde durch den Abriss einer bestehenden Bebauung und den Neubau des Gebäudes unter größtmöglicher Ausnutzung der zulässigen Bebauung am Grundstück möglich. Das Haus besteht aus einem viergeschossigen Wohnungsbau mit Tiefparterre, Tiefgarage und zurückgesetztem Dachgeschoss, sowie für die Gegend typischem Hofgebäude, welches als Kinderkrippe genutzt wird. Das Gebäude befindet sich in einer innenstädtischen Lage mit guter öffentlicher Anbindung. Durch die Nord-Süd-Lage des Grundstückes konnten die Grundrisse der Wohnungen mit großen Fenstern

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien

nach Süden ausgerichtet werden, im Norden befinden sich hauptsächlich die Nebenzonen. Die 150 m<sup>2</sup> großen Wohnungen werden durch einen breiten Flur betreten, der Blickbeziehungen quer durch die Wohnung ermöglicht. Die Bäder und der Technikraum sind klein gehalten, neben der großen Wohnküche und einem Wohnbereich gibt es vier abgeschlossene Zimmer. Der Vorplatz mit Küchen-, Wohn- und Essbereich lässt sich sehr unterschiedlich möblieren und damit bewohnen.

#### Auszeichnungen

Das Gebäude wurde als ein Vorbildbau in der Ausstellung „Bauen für die 2000W-Gesellschaft“ 2009 in Zürich vorgestellt und veröffentlicht.



Abbildung 4.2.8:  
Lageplan Mehrfamilienhaus in Zürich

#### Planung, Bauausführung

Bei diesem Bau sind die Architekten auch als Bauherren aufgetreten, mit dem Ziel ein nachhaltiges, energieeffizientes Gebäude zu realisieren, das zugleich bezahlbar ist. Die Personalunion ermöglichte es die Planung ohne Änderungen auszuführen und mehr Risiko z.B. bei der Wahl des Materials (hier: Dämmbeton für die gesamte Fassade) einzugehen. Der Bauphysiker wurde in einem sehr frühen Planungsstadium einbezogen. Auch wurden frühzeitig der Hersteller bzw. das Werk für den Dämmbeton zur technischen Beratung und Lösungsfindung miteinbezogen. Gemeinsam wurden Detailpunkte und das Vorgehen herausgearbeitet. Es gab eine externe Bauleitung, die nach intensiver Suche gefunden wurde und die zur Einhaltung des Fertigstellungstermins hilfreich war. Wichtig war, dass die Planer die gleichen Ziele verfolgten und aufgeschlossen für neue Entwicklungen des Dämmbetons waren. Auch für die Baufirmen galt, dass eine Vertrauensbasis hergestellt werden musste, um gute Resultate zu erzielen und die Arbeiter zu motivieren. Für den Rohbau wurden deshalb vorab Referenzen der Poliere eingeholt und fertige Baustellen angesehen. Das hier gezeigte Interesse der Architekten für die Ausführungsqualität führte auf der Baustelle zu einer sehr hohen Motivation der Handwerker und erzeugte eine Wertschätzung und ein gutes Klima auf der Baustelle.

#### Energie

Das Gebäude wurde so ausgelegt, dass es einen energetisch besseren Standard erreicht als gesetzlich gefordert war (Heizwärmebedarf 32,8 kWh/m<sup>2</sup>a). Die Grundrisse sind mit großen Öffnungen nach Süden und geschlossener Fassade nach Norden organisiert. Das Gebäude ist mit einer kontrol-

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien

lierten Lüftung mit Wärmerückgewinnung ausgestattet und hat Fußbodenheizung, die an eine Luftwärmepumpe angeschlossen ist. Im Süden sind die Fenster mit Zweifachverglasung ausgeführt, die anderen Fenster haben eine Dreifachverglasung. Diese Aufteilung wurde begründet mit den Berechnungen, dass bei den nach Süden orientierten Fenstern die solaren Gewinne die energetischen Einsparungen im Winter überwiegen. Für den sommerlichen Wärmeschutz wurde ein außen liegender Sonnenschutz aus Lamellen angebracht. Die dicken Wände aus Dämmbeton stellen eine sehr große Speichermasse dar. In Kombination der Speichermasse, Verschattungselemente und Nachtauskühlung kann der sommerliche Wärmeschutz bis auf wenige Tage im Jahr erfüllt werden.

##### Materialität

Durch die Sanierung eines Bahndepots, bei dem Leichtbetonträger auch nach 80 Jahren noch gut in Schuss waren, entstand die Idee Dämmbeton als Material für die Gebäudehülle zu verwenden. Nachdem dies der erste größere Bau mit diesem Material war, wurde der Bauphysiker in den Berechnungen dieses Baustoffes durch EMPA-Mitarbeiter unterstützt. Die EMPA hatte zur energetischen Berechnung ein dynamisches Simulationsprogramm für die Lamda-Werte entwickelt. Die gesamte Außenhülle besteht aus einer 45 cm dicken Dämmbetonwand mit Misapor als Zuschlagstoff. Angeschrägte Laibungen reduzieren beim Blick nach außen die Wandstärke und ermöglichen einen größeren Lichteinfall. Es wurde mit wenigen unterschiedlichen Materialien und wenigen Installationsschächten gebaut. Die Materialien sind relativ einfach trennbar. Diese Art von Beton ist in der Schweiz inzwischen als Recyclingmaterial anerkannt (wegen dem Zuschlagstoff Misapor). Generell wurde beim Innenausbau auf eine möglichst große Schadstoffarmut geachtet, die Materialwahl erfolgte nach den Vorgaben zur Schadstoffarmut für Minergie-ECO, die unter [eco-bau 2011] zur Verfügung stehen.

##### Baukosten, Instandhaltung, Nutzung

Wegen des hohen Grundstückspreises musste das Grundstück maximal ausgenutzt werden und die Baukosten möglichst minimiert werden, damit die Wohnungen später zu akzeptablen Preisen vermietet werden konnten. Bei der Minimierung der Baukosten wurde auf eine hochwertig verarbeitete Gebäudehülle inklusive Fensteranschlüssen Wert gelegt, da diese eine sehr lange Lebensdauer hat. Ansonsten wurde das Gebäude auf das wesentliche reduziert. Z.B. wurden alle Böden als Estrich ausgeführt und nur geschliffen sowie versiegelt.

##### Besonderheiten

Dieses Gebäude ist das erste größere Wohngebäude das in Dämmbeton (mit Misapor) ausgeführt wurde und hat damit einen Vorbildcharakter.

##### Ablauf

Das Vorgehen in den einzelnen Phasen kann als Ablaufdiagramm in Abbildung 4.2.9 wie folgt beschrieben werden. Eine Besonderheit ist hier, dass die Bauherren und die Architekten dieselben Personen sind. Dadurch verkürzt sich die Abstimmungsphase am Beginn der Planung und das Augenmerk wird auf die Abstimmung der Verwendung eines neuartigen Konstruktionsprinzips gelegt.

4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien

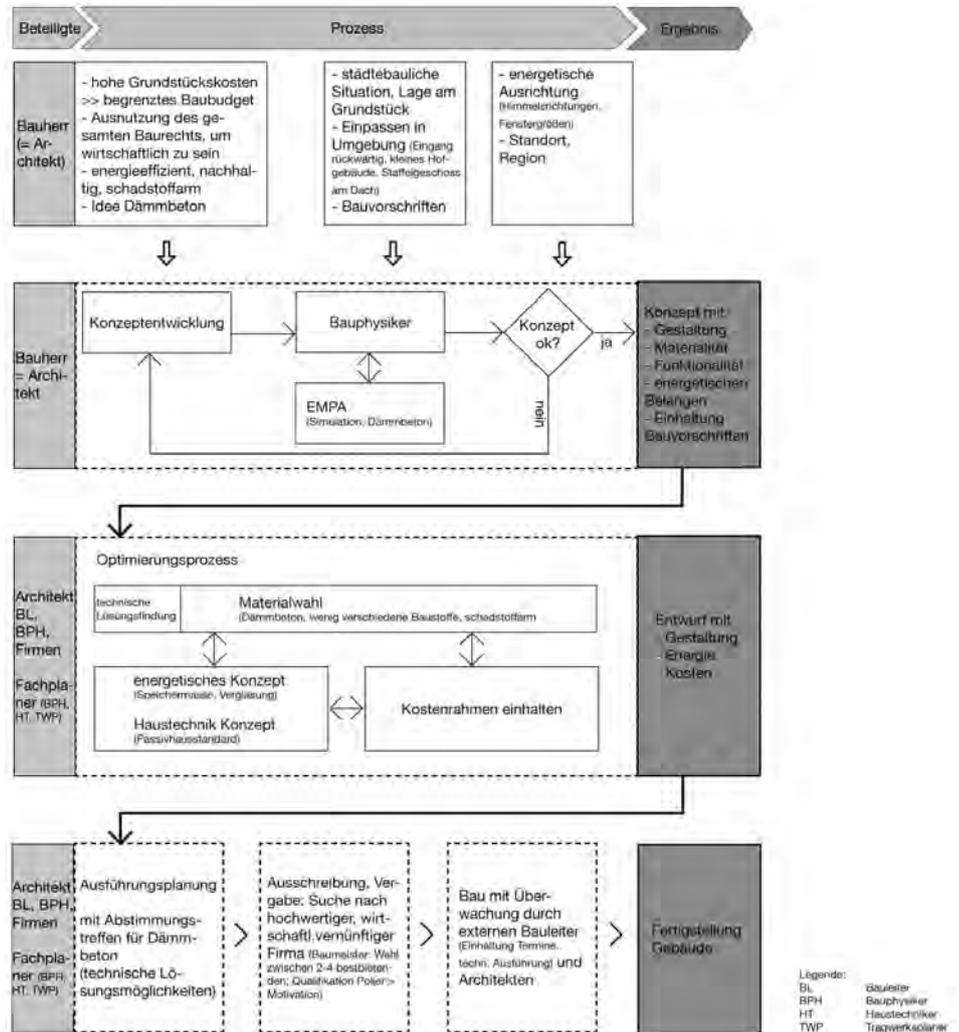


Abbildung 4.2.9: Ablaufdiagramm der Planung des Mehrfamilienhauses in Zürich

Soziale Einbindung

Es wurden große, für diese Gegend bezahlbare Wohnungen geschaffen, die innerhalb einer Woche vermietet waren und inzwischen dazu geführt haben, dass im gesamten Haus mehr Kinder als Erwachsene leben. Die Mieter sind mit dem Wohnraum sehr zufrieden. Der Bau fügt sich in die Nachbarumgebung ein und hat eine gute Anbindung an das Stadtzentrum, sowie zu Geschäften.

Energetische Komponente

Das energetische Konzept beruht bei dem Gebäude auf der Dämmeigenschaft der 45cm dicken Mauer mit großer Speichermasse, der Möglichkeit passiver Nutzung von Solarstrahlung durch die großen Fenster im Winter, sowie Wärmepumpe und kontrollierte Lüftung. Entstanden ist eine nutzer-tolerante Konstruktion, die im realen Betrieb nur 32 kWh/m<sup>2</sup>a verbraucht.

Zwischenzeitlich haben die verschärften energetischen Anforderungen (in der Schweiz: Minergiestandard) dazu geführt, dass die Konstruktionsweise in der Form keiner gültigen energetische Klassifizierung entspricht. Der für das Gebäude von der EMPA in einer dynamischen Simulation errechneten Lamdawert von 0,12 W/mK kann für die offiziellen Berechnungen nicht angenommen werden. Es hat sich allerdings in der realen Nutzung des Gebäudes

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien

Zusammenarbeit  
mit Fachplanerteam

gezeigt, dass neben der Dämmeigenschaft auch die Speicherkapazität der Mauer die Dämmleistung ergänzt [Fischer 2009] und gerade dem sommerlichen Wärmeschutz zuträglich sind.

Schon frühzeitig in der Konzeptentwicklung wurde der Bauphysiker einbezogen. In diesem Fall wurde über den Bauphysiker auch die EMPA einbezogen, die Simulationen zur Ermittlung des Wärmedurchlasskoeffizienten machten. Nach der Entscheidung für den Dämmbeton wurden zur weiteren Planung ein Fachplanerteam mit Bauphysiker, Tragwerksplaner und Haustechniker einbezogen. Im Stadium der Ausschreibung wurde eine externe Bauleitung hinzugezogen, die für die qualitative und fristgerechte Umsetzung auf der Baustelle zuständig war. Den Architekten war eine konstruktive Zusammenarbeit mit den Ausführungsfirmen wichtig, um ein qualitativ gut ausgeführtes Gebäude zu erreichen.

Wodurch entsteht  
die Gestaltung

Die Gestaltung wurde sehr stark von der Materialität des Dämmbetons beeinflusst. Da die Architekten selbst Bauherren waren, konnten sie sich von ihrer „Lust am Material, der Haptik und dem Tuffsteinartigen“ [Maier 2011] leiten lassen. Neben der Materialwahl waren die städtebaulichen Rahmenbedingungen, sowie die klare Vorgabe eines energieeffizienten und schadstoffarmen Gebäudes für die Umsetzung wichtig.

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien

##### 4.2.4 Gemeindezentrum, Ludesch



Abbildung 4.2.10:  
Gemeindezentrum Ludesch: Gesamtansicht mit Blick über den überdachten Platz

**Bauherr:** Gemeinde Ludesch  
**Ort:** A-6713 Ludesch, Vorarlberg in Österreich  
**Planung:** Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH, Schwarzach, Österreich  
**Tragwerk:** Mader & Flatz Ziviltechniker GmbH, merz kaufmann partner GmbH, Zementol VertriebsgesmbH  
**HLS:** Synergy GmbH  
**Elektrotechnik:** DI Wilhelm Brugger  
**Bauphysik / Akustik:** DI Bernhard Weithas  
**Baubiologie:** IBO, Karl Torghele  
**Nettogeschossfläche:** 3.135 m<sup>2</sup>  
**Bauvolumen:** 14.500 m<sup>3</sup>  
**Heizwärmebedarf:** < 15 kWh/m<sup>2</sup>a  
**Fertigstellung und Bezug:** Oktober 2005  
**Baukosten:** 4,5 Mio. € netto

#### Bauliche Situation, Gestaltung

Die Gemeinde Ludesch, eine kleine Gemeinde in Vorarlberg, hatte schon seit Mitte der 90er Jahre das Ziel ein neues Gemeinde- und Kommunikationszentrum zu schaffen. Nach einem Bürgerbeteiligungsprozess wurde im Jahr 2000 das Architekturbüro Hermann Kaufmann mit der Planung beauftragt. Zielsetzung war es, anstelle des nicht erweiterbaren Altbaus ein neues Ortszentrum mit öffentlichen Nutzungen als ökologisches Musterprojekt zu bauen. Wichtig war es, das Projekt mit Beteiligung von Bürgern und in einem vertretbaren finanziellen Rahmen zu erstellen.

Städtebaulich bildet die Gebäudeanordnung ein neues Ortszentrum aus. Der zweigeschossige Neubau bildet eine dreiseitige Klammer, die sich nach Nord-Westen hin öffnet. Durch die Ausrichtung der Gebäude entsteht ein neuer Platz, der zusätzlich eine gläserne Überdachung erhielt. Zwischen den Gebäuden befinden sich schmale Gassen. Jedes der drei Gebäude ist eine eigenständige Funktionseinheit. Durch das Kellergeschoss werden die

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien

einzelnen Baukörper miteinander verbunden. Öffentliche Einrichtungen wie Gemeinderäume, Bücherei, Veranstaltungssäle, Vereinsheim, Geschäfte und Cafe sind im Gebäudekomplex integriert. Jedes der drei Gebäude enthält andere Funktionen und inszeniert dabei den Zugang zum Platz anders. Im Erdgeschoss sind öffentliche Nutzungen angeordnet, im Obergeschoss Büros, Seminarräume und Archiv. Die funktionelle Zuordnung der Bereiche schafft die Möglichkeit im Energiekonzept vier unterschiedliche Bereiche mit jeweils eigenem Lüftungsgerät anzuordnen, was den Wirkungsgrad der Anlage erhöhte.

#### Auszeichnungen

Das Gemeindezentrum wurde 2006 in Österreich mit dem Staatspreis für Architektur und Nachhaltigkeit (Kategorie Neubau) und dem österreichischen Solarpreis, 2007 mit dem Holzbaupreis Vorarlberg und 2008 mit einer Anerkennung im Balthasar Neumann Preis ausgezeichnet.



Abbildung 4.2.11:  
Lageplan Gemeindezentrum Ludesch

#### Planung, Bauausführung

Schon 1995 wurde der Bedarf eines Gemeindezentrums festgestellt und über eine Arbeitsgruppe und mit Bürgerbeteiligung in den folgenden Jahren konkretisiert. Auch die Architekten wurden bereits vor dem Planungsauftrag in die Bedarfsermittlung und in die daraus folgende Zielformulierung einbezogen. In einem interdisziplinären Planungs- und (später) Bauprozess mit Gemeindevertretern, Architekt, Fachplaner (Tragwerksplanung, Haustechnik, Bauphysik) und ab Werkplanung auch einem Konsulenten für Qualitätssicherung auf der Baustelle und dem Österreichischen Institut für Baubiologie und -ökologie (IOB) wurden in einem iterativen Prozess die verschiedenen Möglichkeiten durchgespielt. In der Bauphase wurde mit monatlichen Jour-Fixen der kontinuierliche Informationsaustausch und der Abgleich der am Bau beteiligten Gruppen sichergestellt. Durch die Förderung als Forschungsprojekt des Programms „Haus der Zukunft“ wurden kontinuierlich ökologische und energetische Verbesserungen im Planungsprozess durchdacht und Alternativen – auch finanziell – bewertet.

Ziel der Planung war neben der energetischen Optimierung die größtmögliche Vermeidung von Schadstoffen durch die ökologisch ausgerichtete Wahl der Materialien.

Um den Kostenrahmen einzuhalten, wurde die Ausschreibung zweifach, in hochwertiger herkömmlicher Bauweise und unter ökologischen Kriterien,

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien

durchgeführt, sowie Vergleichsangebote eingeholt. Dadurch wurde erkannt, dass die Summe der Mehrkosten der ökologischen Bauweise nicht mehr als 2 Prozent betrug. Zusätzliche Mehrkosten verursachten die innovative Haustechnik und die Photovoltaikanlage. Ein Teil der Mehrkosten konnte durch Fördermittel des österreichischen Staates aufgefangen werden. Zusätzlich können durch Vermietungen im Gebäude und die Stromerzeugung auf der Glasüberdachung Einnahmen erzielt werden. Eine Lebenszykluskostenberechnung wurde nicht durchgeführt. Es wurden jedoch Ökobilanzen (vom Rohstoff bis zur Entsorgung) der möglichen Konstruktionsaufbauten erstellt und zur Entscheidung über die Konstruktionsweise herangezogen.

Da die Gemeinde selbst Wälder besitzt, entschied man sich für einen Holzbau, bei dem 80 Prozent des Holzes aus der Region stammen. Der Holzbau wurde von zwei lokalen Firmen in der Halle hergestellt und dann vor Ort zusammengesetzt.

Über ergänzende zusätzliche Vorbemerkungen in den Leistungsverzeichnissen der Ausschreibung wurde die Schadstoffarmut der verwendeten Baumaterialien spezifiziert und anschließend konventionell vergeben. Auf der Baustelle gab es ein kontinuierliches Baucontrolling, das mit unangemeldeten Kontrollen die Bauqualität stark verbessern konnte. Hierbei war wichtig, dass bei Abweichungen Konsequenzen für die Verursacher spürbar wurden. Eine Informationsveranstaltung für alle beteiligten Handwerker während der Bauzeit half den Informationsstand der Handwerker bezüglich Schadstofffreiheit der Materialien zu verbessern, da in den Firmen meist nur die Ausschreibenden von den zusätzlichen Anforderungen wussten [Wehinger 2006].

#### Energie

Zum Energiekonzept gehören eine kontrollierte Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung, die in verschiedene Funktionsbereiche unterteilt ist, eine sehr gute Wärmedämmung (in Passivhausqualität), Dreischeibenverglasung und die Dichtigkeit der Gebäudehülle. Eine Befeuchtungsanlage ist in die Lüftung integriert. Über eine Grundwasserpumpe wird das Grundwasser im Sommer zur Kühlung und im Winter zur Energiegewinnung herangezogen – dadurch kann die Betriebsenergie minimiert werden. Das Warmwasser wird durch die thermische Solaranlage auf dem Dach erzeugt. Es erfolgt eine PC-gesteuerte Energiebuchhaltung der Energiestränge, die ein Monitoring ermöglicht. Eine Beschattung der Fensterflächen erfolgt durch außen angebrachten beweglichen Sonnenschutz mit Seilführung oder durch die Überdachung des Hofes. Diese Überdachung des großen „Dorfplatzes“ besteht aus Photovoltaik-Hochleistungsmodulen, die in einem Raster auf Glasflächen so aufgebracht sind, dass genügend Licht zur Beleuchtung der darunter liegenden Gebäude durchkommt.

#### Materialität

Auf einen Keller aus Stahlbeton wurde eine zweigeschossige Holzkonstruktion gesetzt. Wand- und Deckenelemente sind als Hohlkastenelemente ausgeführt. Einzelne Wände sind zur statischen Aussteifung massiv ausgeführt und zum Teil mit schlanken Stahlstützen ergänzt worden, wo dies gestalterische und räumliche Vorteile bringt. Das Auswahlkriterium für die Materialien war die regionale Wertschöpfung, heimische Hölzer, Dämmung aus nachwachsenden Rohstoffen, Verzicht auf PVC / Lösungsmittel, Werkstoffe ohne Formaldehyd und halogenierte Triebmittel. Auf die Verwendung von OSB-Platten wurde verzichtet; stattdessen wurde Weißtanne in Diagonalschalung verwendet. Hierdurch ergab sich eine ökologische Verbesserung dieses Bauteils um 30 Prozent. Auch die Außenfassade und die innere Wand

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien

der Deckenverkleidung wurden in Weißtanne ausgeführt. Das Konstruktions- und Fassadenholz wurde überwiegend aus der Region bezogen.

Die Dämmung besteht in den Tragelementen aus Zellulose und in der Installationsebene aus Schafwolle. Schafwolle wurde zusätzlich zur Fensterdichtung verwendet und ersetzte damit den PU-Schaum bei Fenstern. Die Materialwahl und -verarbeitung wurde kontinuierlich kontrolliert. Die Materialien der Konstruktion sind nicht verklebt, sondern verschraubt. So kann eine Trennbarkeit und ein Recycling gewährleistet werden. Der Witterungsschutz für die naturbelassene Holzfassade und die großflächigen Fenster- und Türelemente wurde konstruktiv durch Vordächer in beiden Deckenebenen gelöst. [Kapfinger 2009]

Baukosten,  
Instandhaltung,  
Nutzung

Von Beginn an sollten die Kosten in einem vertretbaren Rahmen bleiben. Alle Alternativen und möglichen energetischen Konzepte wurden auch im Hinblick auf die Kosten untersucht. In einer doppelten Ausschreibung für herkömmliche und ökologische Ausführung wurden im Rahmen des Forschungsprojektes „Haus der Zukunft“ die Kosten gegenübergestellt. Die ökologische Variante brachte hierbei Mehrkosten von ca. 2 Prozent. Dies wurde vom Bauherrn akzeptiert. Eine komplette Lebenszykluskostenrechnung wurde nicht durchgeführt.

Es wurde darauf Wert gelegt, dass alle Materialien der Konstruktionen trennbar, einzeln recyclebar und das Holz unbehandelt ist; es wurden keine Sandwichelemente verwendet. Alle Materialien sind verschraubt, nicht verklebt.

Durch das zusätzliche konsequente Baucontrolling über die gesamte Bauphase auf der Baustelle, sowie Schadstoffprüfung und -messungen vor Ort und Blowerdoortest bereits nach Fertigstellung des Rohbaus, konnten Fehler kurzfristig erkannt und behoben werden.

Von den Nutzern wurde das Gebäude gut angenommen. Es funktioniert in der Vielfalt seiner Funktionen

Besonderheiten

Ökologische und energetische Aspekte, sowie soziale Belange der Bürgerschaft wurden frühzeitig in dem Planungsprozess integriert. Konsequenterweise wurden verschiedene Möglichkeiten und Konstruktionsaufbauten in Alternativen gegenübergestellt. Dieses Bauvorhaben ist ein „Modellfall nachhaltigen Planens und Bauens im Hinblick auf interdisziplinäre Projektentwicklung, energetische, baubiologische und ökologische Standards.“ [Kapfinger 2009, Seite 136]

**4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen**

**4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien**

Ablauf

Das Vorgehen in den einzelnen Phasen wird als Ablaufdiagramm in Abbildung 4.2.12 beschrieben.

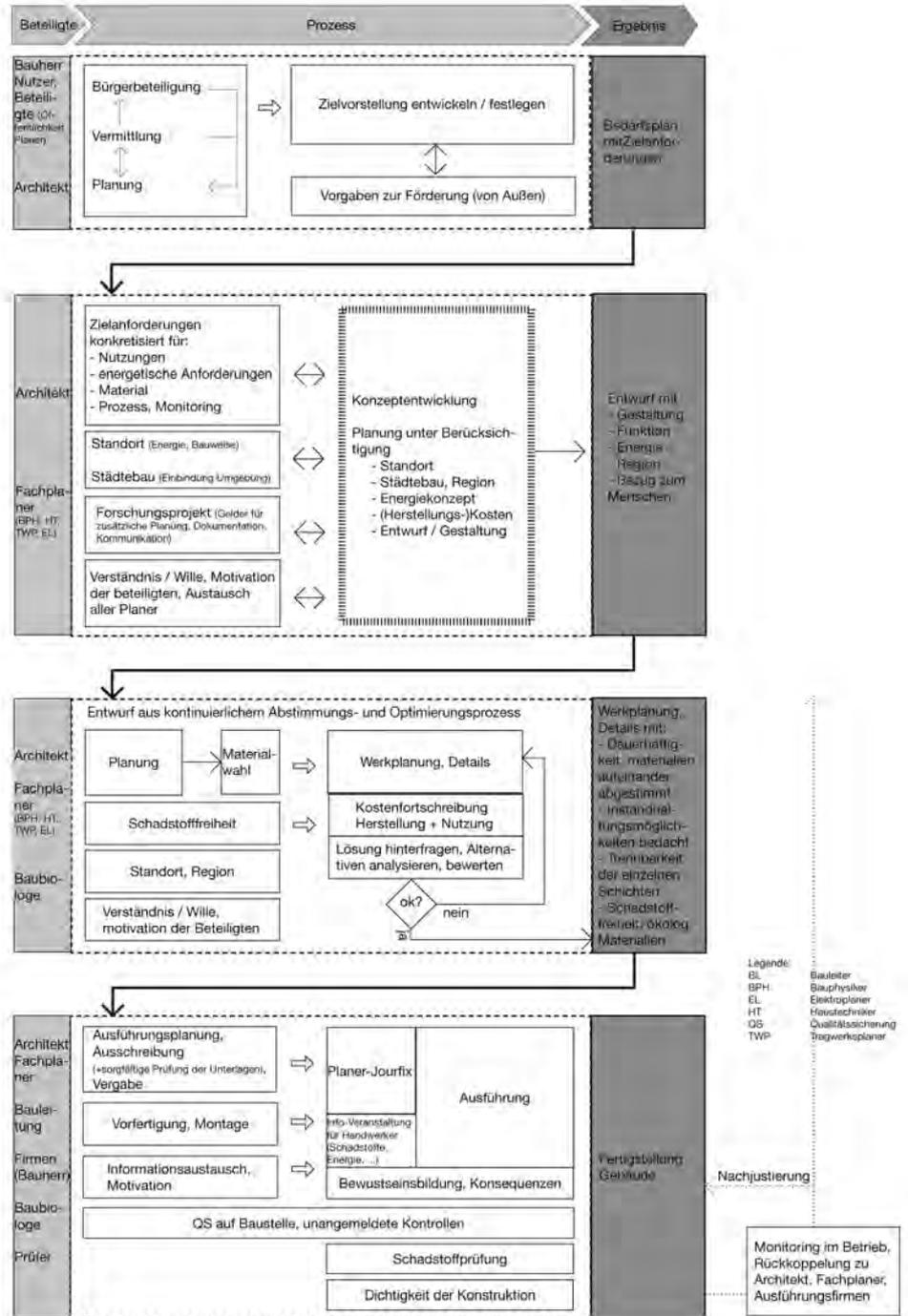


Abbildung 4.2.12: Ablaufdiagramm der Planung Gemeindezentrum Ludesch

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien

Von zentraler Bedeutung waren hierbei: Die klare Vorstellung des Bauherren, die mit Bedürfnissen der Bürger / späteren Nutzer vorab abgeklärt wurden. Die frühzeitige Einbeziehung der Fachplaner in die Vorentwurfsphase, um energetische, sowie haustechnische Belange und Fragen des Tragwerks in die Konzeptentwicklung zu integrieren. In der Entwurfsphase fand von allen Planern immer nach einer Abwägung mehrerer Optionen (mit Vor- und Nachteilen) die Wahl einer sinnvollen Option (von Konstruktionswahl, Materialwahl, technischer Auslegung) statt. Während der Bauphase waren eine konsequente Bauüberwachung mit kurzfristiger Beseitigung bei Fehlern, sowie eine kontinuierliche Überprüfung der Baumaterialien und Schadstoffuntersuchungen qualitätsbezeichnendes Element. Dabei bestand immer ein Spannungsfeld von straffem Bauzeitplan und Fehlerbeseitigung durch nicht beachtete Schadstofffreiheit.

#### Soziale Einbindung

Der Bauherr hatte frühzeitig die Bürger der Gemeinde in den Prozess eingebunden. Auch während der Bauphase fanden für interessierte Personengruppen immer wieder Führungen statt, die das Konzept des Gebäudes genauer erklärten. Dieses Angebot wurde sehr gut angenommen. Durch die Förderung als Forschungsprojekt wurden die Schwierigkeiten und deren Lösung im gesamten Bauprozess dokumentiert und veröffentlicht; siehe hierzu [Wehinger 2006].

#### Energetische Komponente

Der Passivhausstandard wurde im frühen Konzeptstadium als Vorgabe definiert, um den Verbrauch an Betriebsenergie zu verringern. Eine dicke Wärmedämmung, Drei-Scheibenverglasung und konsequente Sicherstellung der Dichtigkeit der Gebäudehülle werden ergänzt durch eine ausgeklügelte Anlage für kontrollierte mechanische Be-/Entlüftung. Mehrere zentral angeordnete Lüftungsanlagen stellen den Frischluftaustausch sicher. Durch günstige Anordnung der Technikräume im Keller konnten Leitungswege verringert werden. Das Gebäude wurde nach Funktionen in „Nutzerzonen“ mit ähnlichen Nutzerkriterien aufgeteilt. Dies war die Voraussetzung, um jeder „Nutzerzone“ ein Lüftungsgerät zuzuordnen – was die Anlageneffizienz erhöhte. In dynamischen Simulationen wurden die Anlagenteile für den Betrieb in verschiedenen Jahreszeiten überprüft und soweit optimiert, dass Lüftungsgeräte (z.T. bis zu 60 Prozent) geringer dimensioniert werden konnten. [Wehinger 2006, Seite 51].

Die Anlage für die kontrollierte Be- und Entlüftung funktioniert mit Wärmerückgewinnung. Die Anlage ist mit einer Grundwasserpumpe verbunden, die durch konstante Grundwassertemperatur im Winter Wärme und im Sommer Kühlung erzeugt. Im Winter kann zusätzlich die Zuluft durch einen Anschluss an das Biomasse-Nahwärmekraftwerk nachgeheizt werden. Für den Winter wurde eine kontrollierte Befeuchtung als unerlässlich angesehen, um die Behaglichkeitserwartungen erfüllen zu können. Die Warmwasseraufbereitung erfolgt durch eine dezentrale Anlage, da eine zentrale Anlage einen zu schlechten Wirkungsgrad hätte. Mehrere kleine Anlagen werden den Zonen im Gebäude zugeordnet und nach den jeweiligen Anforderungen (z.B. Gastronomie anders als Büro) ausgerichtet. Das Warmwasser wird durch eine 30 m<sup>2</sup> große thermische Solaranlage auf dem Dach erzeugt. Die Luftfeuchtigkeit wird ständig gemessen und nachjustiert. Um den Energieverbrauch zu optimieren, wurde eine Mess-, Steuer-, Regel- und Leittechnikanlage (MSRL-Anlage) installiert.

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.2 Analyse nachhaltiger Architekturen auf dahinterliegende Prinzipien

Solare Einstrahlung wird genutzt, um das Vorheizen der Zuluft im Winter zu unterstützen.

Zusammengefasst sind die wichtigsten Strategien: Dichte Hülle und für die einzelnen Zonen optimierte Anlagen für Be- und Entlüftung (mit Befeuchtung); kurze Verteilungsleitungen zu den einzelnen Zonen; dezentrale Warmwasseraufbereitung durch Solarthermie für Gastronomie, allgemeine WC-Anlagen und Teeküchen; Erzeugung der nötigen Energie mittels Grundwasserpumpe, unterstützt durch Biomasse-Nahkraftwerk.

Zusammenarbeit mit Fachplanerteam

Es wurde frühzeitig ein integraler Planungsprozess initiiert, bei dem die Beteiligten gemeinsam nach Besprechung verschiedener Varianten, die jeder Fachplaner für seinen Fachbereich durchgespielt hat, eine Entscheidung treffen und dann Konzept / Entwurf weiterentwickeln. Der Architekt ist hierbei der zentrale Koordinator, der die verschiedenen Fachbereiche im Gesamtentwurf integriert und durch dessen Umsetzung in allen Teilbereichen Gestaltung entsteht. Am Bau erfolgt ein Controlling und eine Schadstoffüberwachung (Koordination durch Architekten). In einem kontinuierlichen Variantenvergleich in den einzelnen Stadien während der Planung wurden der Entwurf und die Konstruktion optimiert.

Wodurch entsteht die Gestaltung

„Das Selbstverständnis von Architekten muss es sein, über die Anforderungen des Auftraggebers hinaus Ideen zu entwickeln. Das heißt, es ist zu kurz gegriffen, Architekten als reine Erfüllungsgehilfen der Bauherren zu sehen. Architekten sollen als engagierte Fachleute Mehrwert in die Planung einbringen können. Nur damit ist auch gewährleistet, dass es Fortschritte in der Architektur und im Bauen gibt. So ist es auch unumgänglich, schon im frühen Stadium einer Planung die Rahmenbedingungen zu diskutieren und diese dahingehend zu interpretieren, dass neue Ansätze und Ideen möglich werden.“ [Kapfinger 2009, Seite 15] Nach der Auffassung von Hermann Kaufmann sind dies die Grundlagen, durch die Gestaltung entstehen kann.

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

### 4.3 Verallgemeinerung der Ergebnisse aus den Gebäudeanalysen

#### 4.3.1 Gemeinsamkeiten

Alle Bauten wurden aus unterschiedlichen Gründen als vorbildliche Bauten nachhaltigen Bauens veröffentlicht. Wie in der Übersichtstabelle in Kapitel 11.3 dargestellt, gehören die analysierten Gebäude zu verschiedenen Nutzungskategorien und unterscheiden sich in Größe, Energiekonzept und regionaler Lage.

Die betrachteten Gebäude befinden sich in unterschiedlichen städtebaulichen Situationen und haben eine jeweils andere Nutzung, bzw. müssen damit andere Funktionen erfüllen. Allen gemeinsam ist die Erstellung eines kompletten Neubaus anstelle eines Altbaus.

Untersucht wurden bei allen Gebäuden das Vorgehen im Planungsprozess und das Ineinandergreifen der einzelnen dabei Beteiligten, sowie die Entscheidungsfindung – siehe hierzu die Ablaufdiagramme der Projekte. Es wurde hinterfragt, wann und wie das Energiekonzept erstellt wurde, wie es in die Planung eingreift und wodurch die Gestaltung des Gebäudes beeinflusst ist. Auch wurden die Materialwahl und die Kosten untersucht.

An den analysierten Beispielen wird der Zusammenhang geklärt, ob und wie sich die Zusammenarbeit der einzelnen Planer, sowie Bauausführenden auf die Ergebnisse auswirkt und wie ökologische, energetische und ganzheitliche Vorgaben die Gestaltung beeinflussen. Die dahinterstehenden Fragestellungen sind, was die Gebäude nachhaltig macht, und ob dies verallgemeinert werden kann. Die Auswertung dieser Ergebnisse wird in Kapitel 4.4 beschrieben.

Bauliche Situation,  
Gestaltung

Bei allen Gebäuden erfolgte frühzeitig die Betrachtung des Ortes und die Einbindung in den Kontext, immer unter Berücksichtigung und Ausschöpfung des baurechtlich Möglichen.

Die Zonierung und Orientierung der Räume spielt im Konzeptfindungsstadium eine große Rolle. Die Räume wurden unter Berücksichtigung des solaren Angebotes ausgerichtet. Wichtig war auch, neue Herangehensweisen an funktionale Anforderungen im Entwurfsprozess zu überlegen und damit die Funktionen (z.B. Hotel oder Zweifamilienhaus) weiterzuentwickeln.

Die Gestaltung entstand aus der Berücksichtigung der verschiedenen Parameter: Bauherrnvorstellungen, Ort, Funktionalität, klimatische Rahmenbedingungen, Energiekonzept, Konstruktion und Material. Durch die Integration und Vernetzung der Einzelteile entstand der Entwurf.

Planung,  
Bauausführung

Voraussetzung war immer, dass der Bauherr von Beginn an ein energieeffizientes und ökologisches Gebäude erstellt haben wollte.

Ein fester Kostenrahmen musste eingehalten werden, und die Kosten wurden bereits von Beginn an thematisiert. Jedoch wurden in den analysierten Gebäuden nur die Herstellungskosten betrachtet, eine Berechnung über die gesamte Lebensdauer – als Lebenszykluskostenrechnung – wurde nicht durchgeführt. Bei der begrenzten Höhe der Herstellungskosten musste aber immer die Vorgabe eines geringen Primärenergieverbrauchs in der Betriebsphase erfüllt werden.

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.3 Verallgemeinerung der Ergebnisse aus den Gebäudeanalysen

In der Planung hatte die Optimierung der Konstruktion auf Erfüllung des vorgegebenen Kostenrahmens eine wichtige Stellung eingenommen. Das begrenzte Baubudget straffte das Vorgehen.

Der Anspruch an die Haustechnik war immer, dass diese unter Berücksichtigung von Alternativen möglichst klein, einfach und bedienerfreundlich geplant wird.

Eine frühzeitige Zusammenarbeit von Architekt, Bauphysiker und Tragwerksplaner war wichtig. Das Interesse der Bauphysiker war es dabei immer, die beste Lösungen für die spezielle Aufgabe zu finden – auch wenn dies mehr Engagement erforderte.

Die Kommunikation untereinander und das Abwägen verschiedener Lösungen waren bei allen Projekten wichtig. Durch die Absprache im Planungsteam wurde das Konzept im Laufe der Planung immer weiter verfeinert.

Manche Bauteile (speziell die Gebäudehülle) wurden in enger Absprache mit den zuständigen Baufirmen, wegen neuartiger Konstruktion, Material oder zeitlicher Anforderungen konstruiert.

Die Bauseite wurde frühzeitig einbezogen. Motivation und Verständnis dieser waren nötig, um eine mängelfreie Ausführung zu erhalten.

Das Vertrauen der am Bau Beteiligten zueinander war sehr wichtig; dadurch konnte eine gute Zusammenarbeit und Motivation in der Ausführung erreicht werden. Durch eine konsequente und kontinuierliche Bauüberwachung konnten frühzeitig Fehler erkannt werden.

#### Energie

Die energetische Konzeption wurde schon zu Beginn in den Entwurfsprozess integriert. Es wurde ein zu erreichendes energetisches Niveau festgelegt, das über dem gesetzlich Geforderten lag, und passive, sowie aktive Maßnahmen einbezog. Für die Projekte in Müllheim, Zürich und Ludesch wurden thermische Simulationen durchgeführt. Es war in allen Fällen ein engagierter Bauphysiker beteiligt, der immer wieder noch zusätzliche Varianten simulierte, mit dem Ziel, einen möglichst geringen Energieverbrauch (mit Einbeziehung der passiven Maßnahmen) erreichen zu können. Dieser Punkt wurde von allen Architekten als wichtig bezeichnet. Im Konzept wurden bei allen Gebäuden immer Gebäudehülle, Haustechnik und Energieerzeugung zusammen betrachtet. Dabei fanden regenerative Energiequellen (Solarenergie, Geothermie, Bioheizkraftwerk), optimierte Verteilung der Energie mit Speicherung und auf das nötigste optimierter Einsatz von Technik Berücksichtigung. Es war immer die Abstimmung der einzelnen Komponenten aufeinander und auf den speziellen Ort, die das Energiekonzept erst zu einem Ganzen machten.

Die Vorgaben für die Technik waren für alle Gebäude: nur so wenig Technik wie nötig, so einfach wie möglich und möglichst viele passive Maßnahmen ausschöpfen. Dies führte im Fall von Ludesch dazu, die Anordnung der Funktionen im Gebäude zu ändern, um mehrere kleinere dezentrale Lüftungsanlagen anzuschließen. Auch gab es eine monetäre Abwägung von energetischen Verbesserungen durch z.B. Wärmerückgewinnung – hier wurde z.B. in Hohenbercha letztlich die Entscheidung getroffen, diese Techniken nicht einzubauen.

#### Materialität

Vom Energiekonzept ausgehend gab es einen iterativen Prozess zur Konstruktions- und Materialwahl. Die Materialwahl wurde durch Ort, Konzept, Regionalität und klimatische Bedingungen mit beeinflusst.

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.3 Verallgemeinerung der Ergebnisse aus den Gebäudeanalysen

Das Recycling, die Langlebigkeit, die Vermeidung von Verbundkonstruktionen sowie die spätere Trennbarkeit der Konstruktion spielten eine Rolle bei der Wahl der Materialien. Es wurde allgemein auf eine Schadstoffarmut der eingesetzten Baustoffe geachtet.

Baukosten,  
Instandhaltung,  
Nutzung

Die Kostendeckelung führte zu intensiven Überlegungen, an welcher Stelle höhere Kosten gerechtfertigt sind, und an welcher Stelle Abstriche gemacht werden mussten. Alle Konstruktionen der Gebäudehülle wurden auf langlebige Zyklen durchdacht.

Die Nutzer sind mit dem jeweiligen entstandenen Gebäude zufrieden, es funktioniert annähernd wie geplant. Der Bauherr und die Architekten wurden für ihr Engagement und das vorbildliche Bauen ausgezeichnet.

Bauliche Situation,  
Gestaltung

##### 4.3.2 Unterschiede

Bei Nichtwohngebäuden sind die funktionalen Zusammenhänge komplexer; es bestehen Wechselwirkungen von Tragwerksplanung, Funktion, Material und Energiekonzept. Bei den Wohngebäuden waren die Tragwerke nicht so kompliziert, deshalb stand hier die Bauphysik im Vordergrund.

In Hohenbercha beeinflusste das Eingehen auf die Geschichte des Ortes das Konzept.

Planung,  
Bauausführung

Wenn der Planer und Bauherr dieselbe Person ist – wie in Zürich –, dann wird der Abstimmungsprozess kürzer, der Abgleich mit den Zielen einfacher und es kann risikofreudiger gebaut werden.

Jedes Gebäude hat Besonderheiten in der Planung.

Zürich: frühe Festlegung auf das Material, dadurch wird die Gestaltung beeinflusst.

Ludesch: ein vorangehender Bürgerbeteiligungsprozess zur Ermittlung des Nutzerprofils, damit die spätere Nutzung auch angenommen wird. Es galt zur Förderfähigkeit der Maßnahme vom Staat zusätzliche Vorgaben im Planungsprozess zu beachten, wie umfangreiche Dokumentation für künftiges Bauen.

Hohenbercha: der enge Zeitrahmen hat dazu geführt, dass Vorschläge und Entscheidungen des Architekten oft akzeptiert wurden, die ansonsten wieder in Frage gestellt würden.

Eine Motivation der Bauausführungsseite erfolgte auf unterschiedliche Weise:

Ludesch: durch Infoveranstaltungen für die Handwerker zu Schadstoffen und zugleich strenge Kontrollen der verwendeten Materialien mit vom Bauherren veranlassten Maßnahmen, wenn die Qualität nicht entsprechend war;

Hohenbercha: tägliche Baustellenbesuche mit vielen Gesprächen mit den Handwerkern und Verwendung ökologischer Materialien;

Zürich: Wahl der Baumeisterarbeiten nach der Qualität des Poliers (anhand von Referenzobjekten);

Müllheim: Bauausführung durch bereits bekannte Firmen.

Energie

Ludesch: hohe Anforderung des Passivhausstandards, mehrere kleine Lüftungsanlagen nach Bereichen unterschieden, mit Befeuchtung und Kühlung im Sommer.

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.3 Verallgemeinerung der Ergebnisse aus den Gebäudeanalysen

Müllheim: Ausschöpfung der passiven Maßnahmen zur Energiegewinnung und low-tec.

Zürich: große Speichermasse des Gebäudes, Lüftungsanlage mit Luftwärmetauscher.

Hohenbercha: Lüftung, Verschattung durch Bäume für sommerlichen Wärmeschutz, wenig Technik, und diese bedienerfreundlich.

Eine möglichst lokale Energieerzeugung wurde in allen Gebäuden angestrebt.

#### Materialität

Ökologische Betrachtungen (LCA) wurden in Ludesch wegen des Forschungsprojektes mit zusätzlichen Geldern durchgeführt. Die Entwicklung neuer ökologischer Konstruktionen und deren Optimierung wurden durch das Forschungsprojekt und die doppelte Ausschreibung ermöglicht. Eine Ökobilanzierung wurde für die anderen Gebäude nicht durchgeführt.

In Zürich hat das Material Dämmbeton die gesamte Konstruktion bestimmt, die lange Lebensdauer und Instandhaltungsfreundlichkeit überzeugte hier. Positiv war zusätzlich, dass der Zuschlagstoff Misapor in der Schweiz als Recyclingbaustoff anerkannt ist. Es wurde zuerst Wert auf die langlebigen Bauteile (Gebäudehülle) gelegt. Der Innenausbau ist Standard und nicht repräsentativ. Durch den hohen Anteil an Recyclingmaterial (Dämmbeton) und die ansonsten beschränkte Materialpalette, würde eine Ökobilanzierung unter den Vorgaben der deutschen Zertifizierungsrichtlinien von BNB und DGNB keine Optimierungspotenziale nach heutigem Stand ergeben.

Der enge Zeitkorridor in Hohenbercha führte zur Wahl von Holz und dessen Vorfertigung in der Halle. Die Bauweise schafft die Möglichkeit, das Gebäude zu einem späteren Zeitpunkt wieder zu zerlegen und weiterzuverwenden.

In Müllheim fiel aus energetischen Gründen die Wahl auf Polycarbonatplatten als Luftkollektor für die Fassade. Eine Ökobilanzierung wurde auch hier nicht durchgeführt. Die verwendeten Polycarbonatplatten haben nach dem in Deutschland für Ökobilanzen anzunehmenden Lebensdauervorgaben des BMVBS eine Lebensdauer von 30 Jahren. In den ähnlichen Zyklen (Dachdeckung ca. 40 Jahre, Ziegeldach > 50 Jahre, Fassade 20–40 Jahre je nach Konstruktion) müssten auch andere Konstruktionen erneuert werden. In diesem Fall hätte eine Ökobilanz als ergänzendes Planungsinstrument keine Konstruktionsändernde Funktion gehabt.

In Ludesch wurden alle Konstruktionen auf ihre Schadstoffminimierung hin überprüft, und auch auf der Baustelle war eine Person mit Kontrollen der eingesetzten Materialien beschäftigt.

In Zürich und Hohenbercha wurde auf eine Schadstoffminimierung bei Anstrichen und Dämmungen geachtet. Die Überprüfung wurde aber nicht in dem Maße wie in Ludesch auf der Baustelle durchgeführt.

#### Baukosten, Instandhaltung, Nutzung

In Ludesch wurde ein vorbildlicher Prozess des Bauablaufes mit Schadstoffcontrolling, Qualitätssicherung auf der Baustelle bis hin zu Dichtigkeitsprüfung der Gebäudehülle durchgeführt.

In Zürich orientierte sich die Materialwahl an den Listen für Schadstofffreiheit nach Minergie ECO (ähnlich der DGNB und BNB Liste zu Schadstoffarmut).

Monitoring und Optimierung des Betriebes hat nur in Ludesch stattgefunden. Für Müllheim findet in einem Forschungsprojekt inzwischen auch ein Monitoring in der Betriebsphase statt.

4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

4.4 Allgemeines System der Wechselwirkungen

Durch die Analyse der Beispiele wurde festgestellt, dass sich die Zusammenarbeit der einzelnen Planer, sowie Bauausführenden in den Ergebnissen niederschlägt. Nachhaltige Gebäude sind als interdisziplinäres Projekt schon in der Konzeptphase angelegt worden. Dabei spielen neben dem Architekten und dem Tragwerksplaner auch Bauphysiker und Haustechniker eine wichtige Rolle. Engagement und Verantwortung auf allen Seiten ist hierbei unbedingt nötig. Die konstruktive Zusammenarbeit mit den an der Baustelle Beteiligten schafft Vertrauen und trägt damit zu einer Motivation bei. Dies führt zu weniger Fehlern und langfristig zu einer Zufriedenheit auf beiden Seiten.

Dem Bauherrn selbst kommt eine wichtige Rolle zu, indem er bestimmte ökologische Kriterien vorgibt. Ökologische, energetische und ganzheitliche Vorgaben beeinflussen die Gestaltung. Ein Energiekonzept, das an den Ort angepasst und mit den Funktionen abgestimmt ist, ist die Grundlage des Entwurfs. In diesem Energiekonzept werden erst die passiven Strategien und Anordnungen des Gebäudes, sowie seiner Funktionen optimiert, und dann die aktiven Maßnahmen integriert. Die Technik ist hierbei darauf ausgelegt, robust und bedienerfreundlich zu sein. Die Materialwahl nach ökologischen Kriterien und mit dem Ziel der Schadstoffminimierung, sowie Dauerhaftigkeit und leichte Trennbarkeit der Konstruktion erweitert das Vorgehen. Bei den begrenzten Herstellungskosten wird schon in der Entwurfsphase eine klare Festlegung der auszuführenden Qualitäten in den Bauteilen getroffen. Hierbei ist die Gebäudehülle von großer Wichtigkeit.

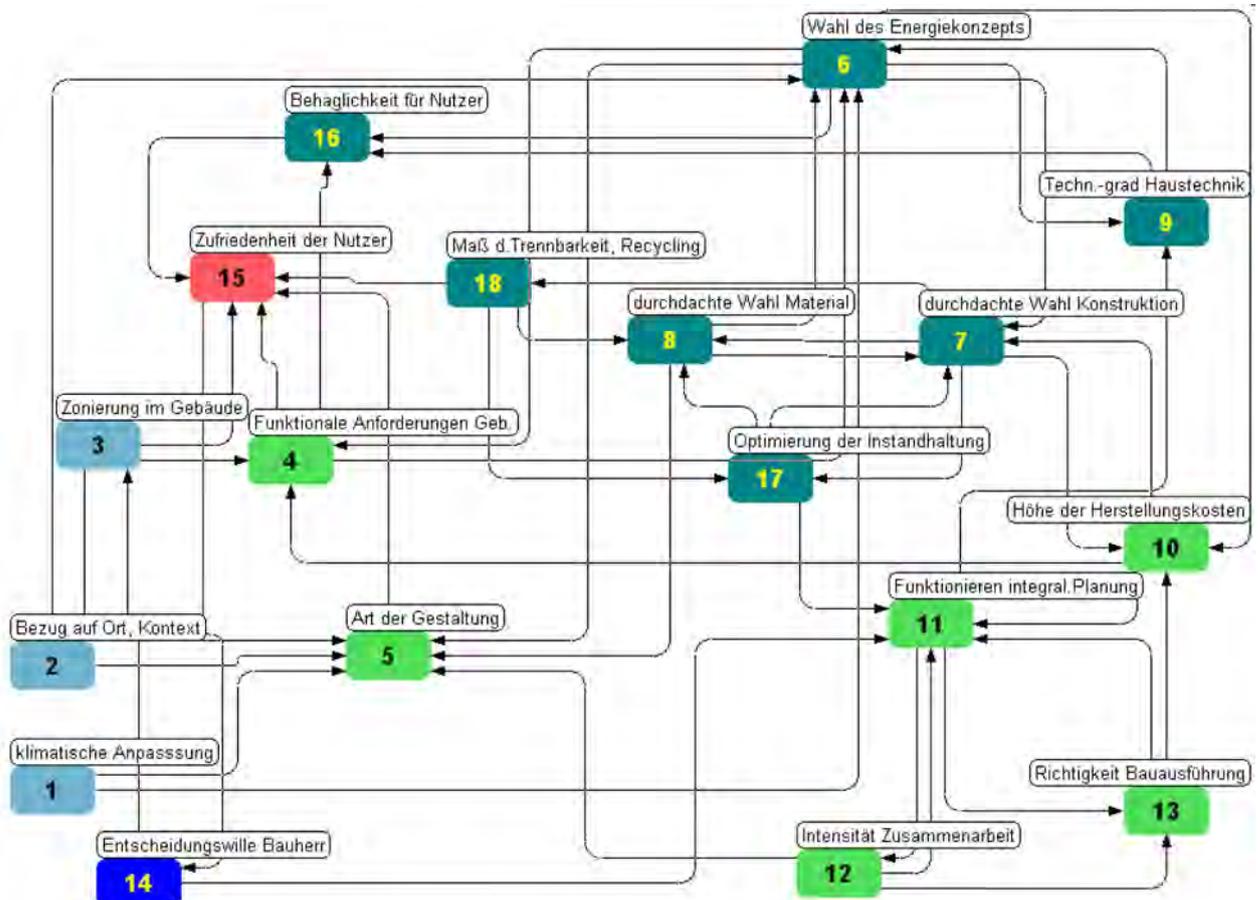


Abbildung 4.4.1: System von Wechselwirkungen hergeleitet aus den Analyseergebnissen dargestellt im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.4 Allgemeines System der Wechselwirkungen

Es hat sich gezeigt, dass die unterschiedlichen Kriterien auf vielfältige Weise miteinander verbunden sind. Wie in Abbildung 4.4.1 dargestellt, besteht eine Vielzahl von Verknüpfungen der einzelnen Bereiche untereinander.

Die Analyse der Gebäude deutet auf einige Faktoren hin, die als Erfolgskriterien für nachhaltige Gebäude entscheidend sind.

Bauliche Situation, Gestaltung

Es erfolgte bei allen Gebäuden frühzeitig eine Auseinandersetzung mit dem Ort, dem baurechtlich maximal Möglichen und den klimatischen Rahmenbedingungen. Die Entwicklung einer räumlichen Struktur unter Berücksichtigung der funktionalen Anforderungen und der energetischen Kriterien spielte eine große Rolle. Bei allen Gebäuden wurden die Grundlagen der funktionalen Überlegungen für die Nutzung innovativ weitergedacht und gingen über bestehende Muster hinaus. D.h. in der frühen Planung wurden von den Architekten die Funktionen der jeweiligen Bauaufgabe und bestehende Vorgehensweisen hinterfragt. Ziel war es dabei, die Funktionen den aktuellen Gegebenheiten anzupassen bzw. auch für die Zukunft weiterzuentwickeln. Unterschiedlich ist, dass bei den betrachteten Nichtwohngebäuden die funktionalen Zusammenhänge komplexer waren.

Insgesamt entstand die Gestaltung aus einem iterativen Prozess von vorrangig passivem Energiekonzept, Materialwahl, dem Eingehen auf das regionale Klima und die Umgebung und zugleich einem „über sich hinauswachsen“. Eine Architektur, die auf diesen Gestaltungsgrundsätzen aufbaut, ist ein Schlüsselement in allen Gebäuden.

Planung, Bauausführung

Alle Beispiele sind aus einem Direktauftrag an den jeweiligen Architekten hervorgegangen. Alle Architekten hatten sich mit den Grundzügen nachhaltigen / ganzheitlichen Bauens schon vor der Bauaufgabe befasst.

Bereits von Beginn der Planung an wollte der Bauherr ein nachhaltiges Gebäude. Dies wurde mit unterschiedlich genauen Zielen und Rahmenbedingungen am Planungsbeginn festgehalten. Die Erfüllung der Ziele hat der Bauherr im gesamten Prozess beibehalten. Der Prozess vereinfachte sich im Fall von Zürich, da hier Bauherr und Architekt dieselben Personen waren.

Die Fachplaner wurden schon im Konzeptstadium integriert, der Entwurf wurde als interdisziplinäre Aufgabe bearbeitet. Kommunikation miteinander und das Abwägen von Möglichkeiten war hierbei sehr wichtig; ebenso war das Engagement aller Beteiligten nötig. Gerade den energetischen Überlegungen kam schon frühzeitig eine aktive Rolle zu. Nicht nur die Erfüllung der gesetzlichen Forderungen, sondern selbstgesetzte höhere Maßstäbe waren zu erreichen. Insgesamt wurde während des gesamten Prozesses immer wieder hinterfragt, was unbedingt nötig ist und was ersetzt werden kann und ein Vergleich Kosten-Nutzen vollzogen. In der Planung hatte die Optimierung der Konstruktion auf Erfüllung des vorgegebenen Kostenrahmens eine wichtige Stellung eingenommen. Das begrenzte Baubudget straffte das Vorgehen. Zusätzliche Forschungsgelder im Projekt Ludesch haben zu einer sehr konsequenten Vorgehensweise und Veröffentlichung der Ergebnisse geführt.

Eine gute und vertrauensvolle Zusammenarbeit mit den Bauausführenden wurde in allen Projekten angestrebt und die Baustellen kontinuierlich und konsequent überwacht. Es bedurfte eines Bauleiters, der Qualitätsmängel während dem Bauen feststellte und eine sofortige Reaktion möglich machte.

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.4 Allgemeines System der Wechselwirkungen

Die Umsetzung der Zusammenarbeit mit den Bauausführenden hat in jedem Projekt auf andere Weise stattgefunden. Die Motivation der Handwerker war aber immer sehr wichtig. So ist es bei keinem der Projekte zu Baufehlern gekommen.

##### Energie

Die Entwicklung eines Energiekonzeptes fand als iterativer Prozess in Zusammenarbeit zwischen Architekt, Haustechniker, Bauphysiker und, je nach Gebäudegröße, Tragwerksplaner statt. Dieser Prozess hat schon zu Beginn der Planung eingesetzt.

Das energetische Konzept beeinflusste die Gestaltung. Die eingesetzte Haustechnik wurde überprüft nach den Kriterien, generell so wenig Technik wie möglich einzusetzen, und dies möglichst einfach, robust und bedienerfreundlich zu verwirklichen.

Das Energiekonzept fing mit der Ortswahl, der Lage am Grundstück, seiner Ausrichtung und Nutzung passiver Strategien an. Einbezogen wurde die dämmende Gebäudehülle mit der zusätzlichen Eigenschaft im Winter auch solare Gewinne erwirtschaften zu können und trotzdem im Sommer die Wärme auszuschließen. Die jeweiligen Energiekonzepte sind im Detail sehr unterschiedlich ausformuliert.

##### Materialität

In den meisten Projekten wurde auf die Verwendung von schadstoffarmen Materialien Wert gelegt und diese wurden auch am Bau überprüft.

In Zürich hat die Materialwahl Dämmbeton den gesamten Entwurfsprozess beeinflusst. In Hohenbercha hat die sehr kurze Planungs- und Bauzeit zur Wahl und Vorfertigung des Materials Holz beigetragen. Das Recycling, die Langlebigkeit und die spätere Trennbarkeit der Konstruktion, sowie keine Verwendung von Verbundkonstruktionen waren bei der Wahl der Materialien wichtig. Eine zusätzliche Ökobilanzierung zur Optimierung der Konstruktion hätte in diesen Gebäuden zum heutigen Zeitpunkt keine entscheidenden konstruktiven Veränderungen hervorgerufen.

##### Baukosten, Instandhaltung, Nutzung

In allen Projekten war ein maximales Baubudget einzuhalten, dahingehend wurden das Gebäude und seine Konstruktion optimiert. Zum iterativen Lösungsfindungsprozess gehörte es die Obergrenze der Herstellungskosten einzuhalten, aber auch höhere Kosten für bestimmte Gewerke (Gebäudehülle, Fenster) zu akzeptieren. Die lange Lebensdauer dieser Bauteile wurde als Begründung angeführt. Schon frühzeitig in der Planung wurde der Kostenrahmen abgesteckt und von Bauherrseite festgelegt, welche Erhöhungen der Herstellkosten zur Optimierung der späteren Betriebskosten tragbar ist. Durch Vergleichsberechnungen wurde gegenübergestellt, welche zusätzlichen Maßnahmen (z.B. keine Wärmerückgewinnung in Hohenbercha, dafür aber Photovoltaikdachbahnen) sich über die zu erwartenden Einsparungen rechnen.

Im laufenden Betrieb sind die Nutzer mit den Gebäuden und deren Benutzung zufrieden.

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.4 Allgemeines System der Wechselwirkungen

##### Zertifizierung

Viele dieser Faktoren werden auch in Nachhaltigkeitsbetrachtungen im Baubereich durch die Systeme von BNB/DGNB erfasst. Eine Vielzahl von Steckbriefen, wie Zieldefinition, Vorgaben zum Planungs- und Bauprozess, energetische Betrachtungen und Materialauswahl (Recycling), aber auch Schadstoffe in Bauprodukten und Wasserverbrauch decken die unterschiedlichen Teilbereiche ab. Zertifizierung kann eine allgemein lesbare Vergleichbarkeit von Gebäuden im Bereich der Nachhaltigkeit schaffen und ist daher ein wichtiges Instrument für die Kommunikation über Nachhaltigkeit. Sie schafft öffentliche Aufmerksamkeit. Zusätzlich ist sie ein Hilfsmittel, um in der Gebäudeplanung die Daten strukturiert aufzunehmen und einheitlicher darzustellen. Da diese Bewertungen aber auf messbaren Maßstäben beruhen müssen, wie energetische Werte, Ökobilanzen und Lebenszykluskosten, oder z.B. Schallschutzanforderungen, Anzahl von Fahrradstellplätzen, Freiflächengrößen, kommen gerade die gestalterischen Aspekte und Faktoren wie Motivation und Vertrauen, die qualitativ bewertet werden, sowie die Wechselwirkungen der Einflüsse untereinander hierbei zu kurz. Konsequente nachhaltige Architekturgestaltung kann sich deshalb nur in Teilbereichen über allgemeine Kriterien darstellen lassen. Die dahinterliegenden Wechselwirkungen im Entwurfs-, Planungs- und Bauprozess sowie Überlegungen zum Energiekonzept und zur Materialwahl sind die entscheidenden Größen, die in einem fortwährenden Prozess umgesetzt und für jedes Projekt neu erfüllt werden müssen.

Wie bei QM-Zertifizierungen nach ISO 9001 kann die Erfüllung der Kriterien bei Nachhaltigkeitszertifizierungen nur der Rahmen sein, der objektiv abgefragt wird und zu einer Effizienzsteigerung in den einzelnen Kategorien beiträgt.

Die Zusammenhänge und Einflüsse der einzelnen Komponenten untereinander werden nicht dargestellt und gehen so verloren. Gerade diese sind jedoch in einer ganzheitlichen Betrachtung wichtig, um die effektiv einzusetzenden Maßnahmen zu erkennen.

##### Kybernetisches System

Das nachhaltige Bauen wird aus einem Netzwerk gegenseitiger Abhängigkeiten und Wechselwirkungen gebildet. In einer Kybernetik nachhaltiger Architektur wird versucht, die Parameter zu erarbeiten, unter welchen Voraussetzungen diese Art von Bauen entstehen kann. Es kann damit zwar keine Beschreibung entstehen, wie nachhaltige Architektur aussieht, denn diese ist von den jeweiligen Rahmenbedingungen und dem Entwurf abhängig. Aber es werden Vernetzungen aufgezeigt, die bedacht werden müssen, damit nachhaltige Gebäude entstehen können. Die komplexen Beziehungen, die zu einem nachhaltigen Gebäude führen, werden mit den heutigen Nachhaltigkeitsbetrachtungen (und -zertifizierungen) oft auf singuläre Werkzeuge und Labels reduziert. Dadurch kann es nach [Kaltenbrunner 2009b] dazu führen sich in technischen Spezifikationen zu verlieren, anstatt die Abhängigkeiten der einzelnen Bereiche ausreichend zu betrachten. Dadurch werden oft unter großem finanziellen Aufwand Zusatzleistungen bearbeitet, während Einflüsse durch Wechselwirkungen zu anderen Teilbereichen unbeachtet bleiben.

Gerade die systemimmanenten Steuerungsmöglichkeiten sind aber für eine effektive Umsetzung von Nachhaltigkeitsanforderungen entscheidend und können ohne großen Zusatzaufwand positive Resultate hervorbringen.

Die sich aus der Analyse ergebenden Parameter sind, siehe hierzu auch Abbildung 4.4.2:

4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

4.4 Allgemeines System der Wechselwirkungen

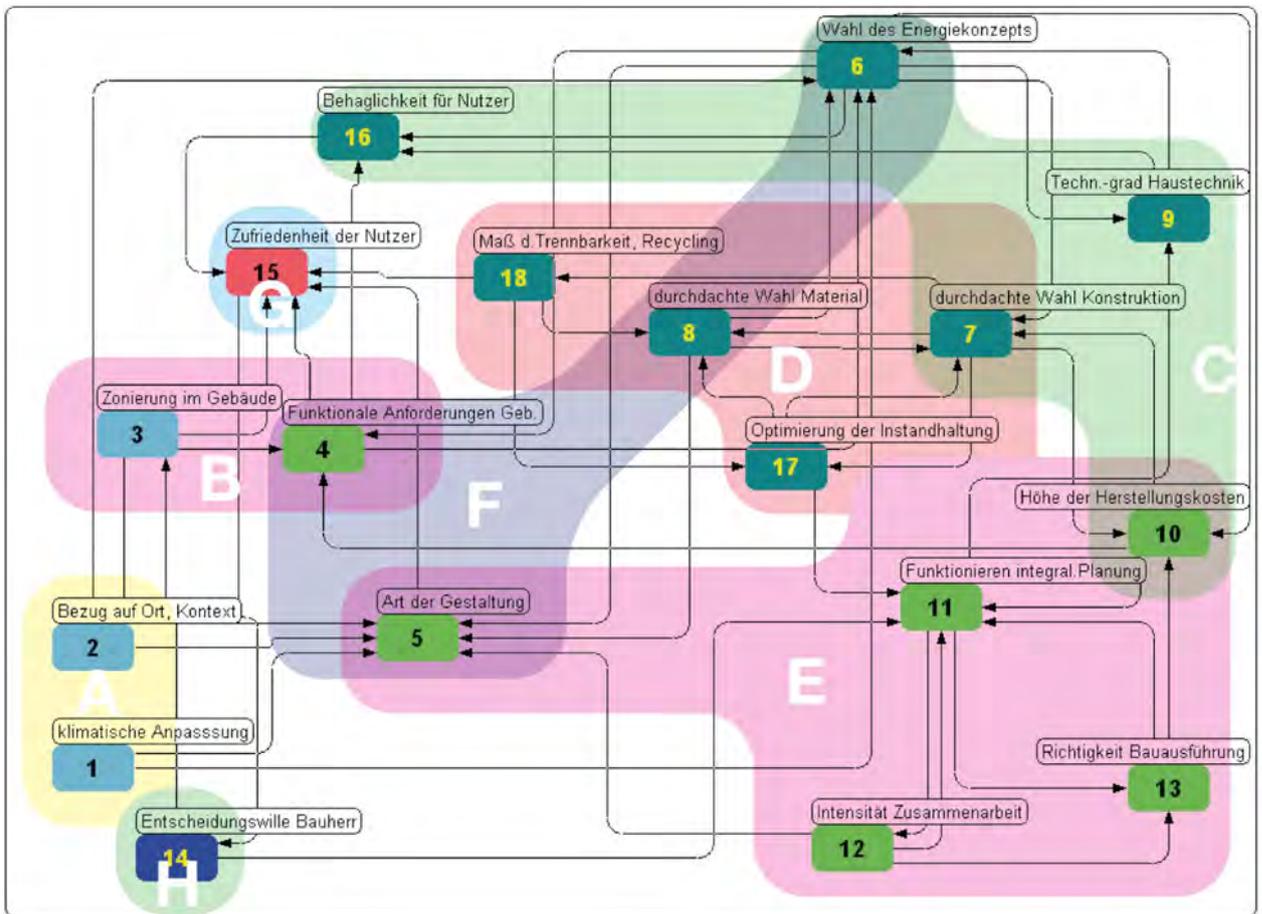


Abbildung 4.4.2: System von Wechselwirkungen und Unterteilung in Teilsysteme

A – Berücksichtigung von Ort, Klima, Ausrichtung: *Ort / Kontext* und *klimatische Bedingungen* sind bei jedem Projekt als Rahmenbedingungen zu berücksichtigen.

B – Funktionen weiter denken: Die *Zonierung im Gebäude* und die *funktionalen Anforderungen* an die Räume sollten im Entwurfsprozess überdacht werden. Sind die bis jetzt gültigen Zuordnungen auch für die Zukunft sinnvoll oder können sie weiterentwickelt werden? Die Überlegungen hierbei haben Auswirkungen auf das *Energiekonzept* und die *Zufriedenheit der Nutzer*.

C – Energie: Die Wahl des *Energiekonzeptes* steht in enger Wechselbeziehung zum *Technisierungsgrad der Haustechnik*, der *Wahl der Konstruktion* und der *Wahl der Materialien*, aber auch der *Höhe der Herstellungskosten* und der *Gestaltung*. Dies bedeutet, dass erst passive Strategien durch Gebäudeanordnung und Funktionen auszuloten sind, und dann aktive Maßnahmen und robuste, bedienerfreundliche Haustechnik eingesetzt wird.

D – Materialität: *Dauerhaftigkeit der Materialien* und die *Trennbarkeit beim Recycling* spielen eine Rolle; keine Verbundkonstruktionen. Diese stehen in Wechselwirkung zu *Optimierung der Instandhaltung*, *Wahl der Konstruktion* und *Material*, sowie *Höhe der Herstellungskosten*. Die Materialwahl hat auch einen Einfluss auf das *Energiekonzept*.

#### 4. Untersuchung der Wechselwirkungen an gebauten Beispielen

#### 4.4 Allgemeines System der Wechselwirkungen

E – Bauablauf: Der *Entscheidungswille des Bauherrn*, das *Funktionieren der integralen Planung*, die *Motivation und Intensität der Zusammenarbeit*, sowie die *Richtigkeit der Bauausführung* sind für den Bauablauf entscheidende Größen. Dabei ist es wichtig, dass der Bauherr genaue Zielvorstellungen vom Gebäude hat und bei der Nachhaltigkeit keine Kompromisse macht, Fachplaner frühzeitig einbezogen werden, die Zusammenarbeit auf der Baustelle auf Vertrauen, Motivation etc. beruht und mit begrenztem Budget klare Prioritäten vorhanden sind, wofür Geld ausgegeben wird.

F – *Gestaltung* entsteht aus *Energiekonzept, Material, Funktion* in einem iterativen Prozess und verbindet die vorher genannten Teilsysteme.

G – Die *Zufriedenheit der Nutzer* ist dann die resultierende Komponente.

H – Der *Entscheidungswille des Bauherrn* ist Voraussetzung. In einem Interview haben z.B. Nikolaus Hirsch und Wolfgang Lorch von Wandel, Hofer, Lorch & Hirsch Architekten die Wichtigkeit der guten Zusammenarbeit und „positiven Reibung“ mit dem Bauherrn betont, die für das Entstehen von guter Gestaltung notwendig ist. [Hirsch 2011].

Ein kybernetisches Vorgehen in der Architektur besteht auch darin, natürliche Systeme und technische Systeme zu verbinden. Bei Nachhaltigkeitsfragen sind verschiedene Systeme miteinander vernetzt und stehen in Abhängigkeit zueinander. – Z.B. Konzeptfindung und Planung als iterativer Prozess, der Energiefragen schon in der städtebaulichen Situation berücksichtigt und das Bauen im Kontext der Umgebung mit einer bewussten Materialwahl.

## 5. Weiterentwicklung des Systems der Wechselwirkungen nachhaltiger Gebäude

### 5.1 Gegenüberstellung der Analyseergebnisse zum abstrakten System von Wechselwirkungen nach Vester

#### 5.1.1 Ergebnisse der theoretischen Betrachtung des Sensitivitätsmodells

Aus der theoretischen Betrachtung der Wechselwirkungen von Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität in Kapitel 2 haben sich die Erstellung einer Zielvereinbarung mit Dokumentation von einzelnen Qualitätszielen und deren Erfüllung, eine Lebenszyklusbetrachtung zur Optimierung des Gebäudes auf seinen gesamten Lebenszyklus sowie, als abstrakte Qualitätsmerkmale, die gestalterische Qualität und die Funktionalität als zentrale Punkte herausgebildet.

Gestaltung

Wegen der Wichtigkeit der Gestaltung soll auf diesen Begriff noch einmal explizit eingegangen werden. Gestaltung im Bereich der Architektur und des Bauens besteht hauptsächlich aus der bewussten Einflussnahme auf die ästhetische Erscheinung von Gebäuden, also auf unmittelbar sinnlich wahrnehmbare Aspekte wie Raumaufteilung, Einbindung ins Umfeld, Funktionen, Gebäudehülle oder Haptik, Farbe, Form, Material etc.. Entwerfen und Konstruieren und damit eine Festlegung auf eine Gestalt ist ein schwer zu fassender Vorgang. Er besteht aus einer Vielzahl von beteiligten Fachgebieten und vermengt rationale und intuitive Entscheidungsprozesse. [IBG 2011] Als gestalterische Qualität kann eine Leistung bezeichnet werden, die über die nächsten Jahrzehnte Bestand hat, und deren Anerkennung auch langfristig erfolgt. Hierfür ist eine Kommunikation über das Gebaute notwendig. Die Beschäftigung mit Gestaltung als Qualitätsanspruch für ein „kontinuierliches Streben nach Exzellenz“ [Sauerbruch 2011] hat einen weitreichenden Einfluss auf die anderen Aspekte im System.

In nachhaltiger Architektur wird es nach [Kaltenbrunner 2009a] das Entscheidende sein, ein Gleichgewicht zu erreichen zwischen einer überzeugenden sinnlichen Präsenz ökologischen Bauens und dem Wissen und der Kreativität im Umgang mit Ort, Klima und Material.

Bauherr

In der vertiefenden Betrachtung der Zusammenhänge und Wechselwirkungen im Sensitivitätsmodell in Kapitel 3 wurde festgestellt, dass der *Entscheidungswille des Bauherrn* und damit einhergehend die konsequente Umsetzung von Entscheidungen ein weiterer sehr bedeutender Einflussfaktor ist. Gerade eine frühzeitige Ausrichtung des Bauherrn auf die genaue Definition seiner Ziele kann das System positiv beeinflussen. Genauso kann die Verzögerung von Entscheidungen oder Unentschlossenheit negative Einflüsse ausüben, so dass Fehlentwicklungen leicht möglich sind.

Integrale Planung

Im Sensitivitätsmodell waren, wie in der theoretischen Betrachtung in Kapitel 2, das *Funktionieren der integralen Planung*, die *Optimierung der Erstellungskosten* und der *Instandhaltung*, immer über den gesamten Lebenszyklus betrachtet und auf Langlebigkeit ausgerichtet, sowie die *Effizienz der Überwachung der Ausführung* von großer Bedeutung. Die *Stärke des Konkurrenzdrucks* hatte eine puffernde und aktive Wirkung und ist deshalb nur ein schwacher Steuerhebel um evtl. indirekte Wirkungen zu erzielen. Weiter hat gerade die ganzheitliche und weitreichende „*Durchdachtheit*“ der Gestaltung viel Einfluss auf die anderen Bereiche. Veränderungen hierdurch setzen sich allerdings erst allmählich, dafür aber stetig durch. Deshalb ist sie als ein wichtiger Ansatzpunkt zu sehen.

Lebenszykluskosten

Konkurrenzdruck

## 5. Weiterentwicklung des Systems

## 5.1 Gegenüberstellung der Analyseergebnisse zum abstrakten System von Wechselwirkungen nach Vester

	<b>5.1.2 Ergebnisse aus den gebauten Beispielen</b>
Bauherr	Die Analyseergebnisse aus Kapitel 4.2 zeigen, dass der <i>Entscheidungswille des Bauherrn</i> einen sehr hohen Stellenwert hat, siehe hierzu auch [Deppisch 2011]. Diese Wichtigkeit beinhaltet auch eine positive konstruktive Auseinandersetzung mit den Architekten [Hirsch 2011].
Integrale Planung	Ein interdisziplinäres Planungsteam, welches schon möglichst frühzeitig in der Planung die Bauaufgabe von den verschiedenen Seiten betrachtet und das motiviert an die Arbeit geht, war bei den Bauten von großer Wichtigkeit. Hier decken sich die Ergebnisse mit den theoretischen Resultaten.
Bauausführung	Auch die Bedeutung einer konstruktiven Zusammenarbeit am Bau und Vertrauen und Motivation der Bauausführenden konnte in der Praxis bestätigt werden.
Lebenszyklus-betrachtung	Die im theoretischen Modell hervorgehobene Lebenszyklusbetrachtung wurde in der Praxis in ökologischer und ökonomischer Form so nicht umgesetzt. Die Thematik spielte aber sehr wohl eine Rolle, indem alle Projekte auf begrenzte Herstellungskosten hin optimiert werden mussten, und gleichzeitig die Materialwahl auf eine Langlebigkeit der Konstruktion ausgerichtet wurde. Der angestrebte Energieverbrauch für die Betriebsphase wurde ebenso optimiert, sowie die Energieerzeugung im Energiekonzept mitberücksichtigt.
Gestaltung	Die im Sensitivitätsmodell als „ <i>ganzheitliche Durchdachtheit</i> “ der Gestaltung definierte Variable hat sich in der praktischen Analyse als sehr wichtiger Punkt herausgestellt. Auf Grund ihrer Komplexität und der vielen verschiedenen Einflüsse auf die Gestaltung eines Gebäudes, ist diese Variable aber in mehrere Variable zu untergliedern. Zwischen den einzelnen Teilaspekten bestehen verschiedene Wechselwirkungen. Wichtige zusätzliche Aspekte sind die Berücksichtigung des Klimas und das Eingehen auf den speziellen Ort sowie die funktionalen Zusammenhänge und Anforderungen neu zu denken.
Energiekonzept	Ein schlüssiges Energiekonzept, welches frühzeitig in den Entwurf integriert wird und so Teil des Entwurfes ist, hat Einfluss auf die Konstruktion und Materialwahl sowie die Ausformulierung des Gebäudes und damit auf die wahrnehmbare Gestaltung. Die Vorgaben für den energetischen Standard wurden jeweils über dem gültigen EnEV-Niveau angesetzt. Es wurde nicht ausschließlich auf eine rechnerische Reduktion der Endenergie Wert gelegt, sondern unter Einbeziehung der am Ort vorhandenen Energiequellen und Eigenschaften der eingesetzten Materialien eine Optimierung des gesamten Konzepts angestrebt.

### 5.1.3 Übertragung der Ergebnisse der Gebäudeanalyse auf das System von Wechselwirkungen

Bauherr	Die Rückführungen der Analyseergebnisse in das Sensitivitätsmodell zeigen, dass sowohl der <i>Entscheidungswille des Bauherrn</i> als auch das <i>Funktionieren der integralen Planung</i> sehr wichtige Aspekte sind, um ein konsequent auf die vorgegebenen Ziele ausgerichtetes Gebäude errichten zu können. Schon zu Beginn des Projekts sind deshalb genaue Vorgaben des Bauherrn nötig, um die zu erreichenden Standards und eine Einhaltung des Kostenrahmens realistisch zu definieren.
---------	---

## 5. Weiterentwicklung des Systems

### 5.1 Gegenüberstellung der Analyseergebnisse zum abstrakten System von Wechselwirkungen nach Vester

Integrale Planung	Interdisziplinäre Fachkompetenz ist Voraussetzung für das Erreichen der gesteckten Ziele. Schon ganz früh im Planungsstadium sollte das Planungsteam zusammenarbeiten und den Entwurf in enger Abstimmung entwickeln.
Qualitätssicherung	Wichtig für den Projekterfolg und für eine Umsetzung der vorgegebenen Ziele in das fertige Gebäude ist eine Qualitätssicherung der Ausführung. Hierfür steht die Variable <i>Effektivität der Überwachung der Ausführung</i> . Bei großen Projekten ist eine Qualitätssicherung, die nicht in den Planungsprozess integriert ist, empfehlenswert, um damit ein unabhängiges Controlling zu ermöglichen und sicherzustellen, dass trotz Termindrucks die ursprünglichen Zielsetzungen nicht verloren gehen.
Lebenszykluskosten	Die Variablen Erstellungskosten, Betriebskosten und Entsorgungskosten können zusammen als Lebenszyklus betrachtet werden, wenn bei den Erstellungskosten Dauerhaftigkeit, Instandhaltung und Langlebigkeit etc. mit in die Konstruktionsüberlegungen eingehen. Die Variable heißt dann <i>Optimierung der Lebenszykluskosten</i> . Dadurch können entstehende Mehrkosten für die Gebäudehülle mit der Reduktion von Betriebskosten begründet werden. Auf Grund der schweren Vorhersehbarkeit der Höhe von zukünftigen Entsorgungskosten können diese heute nicht angegeben werden.
Materialwahl	Eine Aufteilung der ökologischen Lebenszyklusbetrachtung in Umwelteinwirkungen und stofflichen Verbrauch findet sich in der Praxis in den Variablen <i>Maß der Trennbarkeit und Recycling</i> , sowie der <i>durchdachten Wahl des Materials</i> wieder. Hierzu gehören auch Überlegungen zu schadstoffarmem Bauen und zur Verwendung nachwachsender Baustoffe.
Gestaltung	Es wurde weiter festgestellt, dass die Variable der Gestaltung sehr wichtig ist, aber im Modell zu allgemein dargestellt wurde. Hier muss das System weiter untergliedert werden und es müssen mehr Teilvariable, wie <i>Innovationskraft funktionaler Anforderungen</i> und <i>Durchdachtheit der Zonierung des Gebäudes</i> eingebaut werden.
Energiekonzept	Die Integration der Aspekte des Energiekonzeptes sind hierbei hervorzuheben. Als Variablen hierfür werden die <i>Wahl des Energiekonzeptes</i> und der <i>Technisierungsgrad der Haustechnik</i> dargestellt.
Ort, Klima	<p>Ohne die <i>Einbeziehung des Ortes</i> und <i>klimatischer Anpassungen</i> ist das System unvollständig, da diese in Wechselwirkung mit dem Gebäude stehen.</p> <p>Die Variablen der <i>Behaglichkeit</i>, <i>Zufriedenheit</i> und <i>Gesundheit der Nutzer</i>, sowie der Erfüllung der technischen Aspekte und Motivation konnten auch aus den analysierten Beispielen als zentral bestätigt werden. Sie haben eine regulierende Wirkung und tragen zur Stabilisierung des Systems bei.</p> <p>Die Variable der <i>rechtlichen Veränderung</i> ist als Schalthebel von außen zu sehen und kann nicht durch das System selbst beeinflusst werden.</p> <p>Ein Wirkungsgefüge, welches die oben beschriebenen Ergebnisse aus der Sensitivitätsanalyse und den gebauten Beispielen integriert, ist in Abbildung 5.1 dargestellt. Dieses Wirkungsgefüge kann als kybernetisches Modell zur Erzeugung nachhaltiger Architektur angesehen werden.</p>

5.  
Weiterentwicklung  
des Systems

5.1  
Gegenüberstellung der Analyseergebnisse zum abstrakten  
System von Wechselwirkungen nach Vester

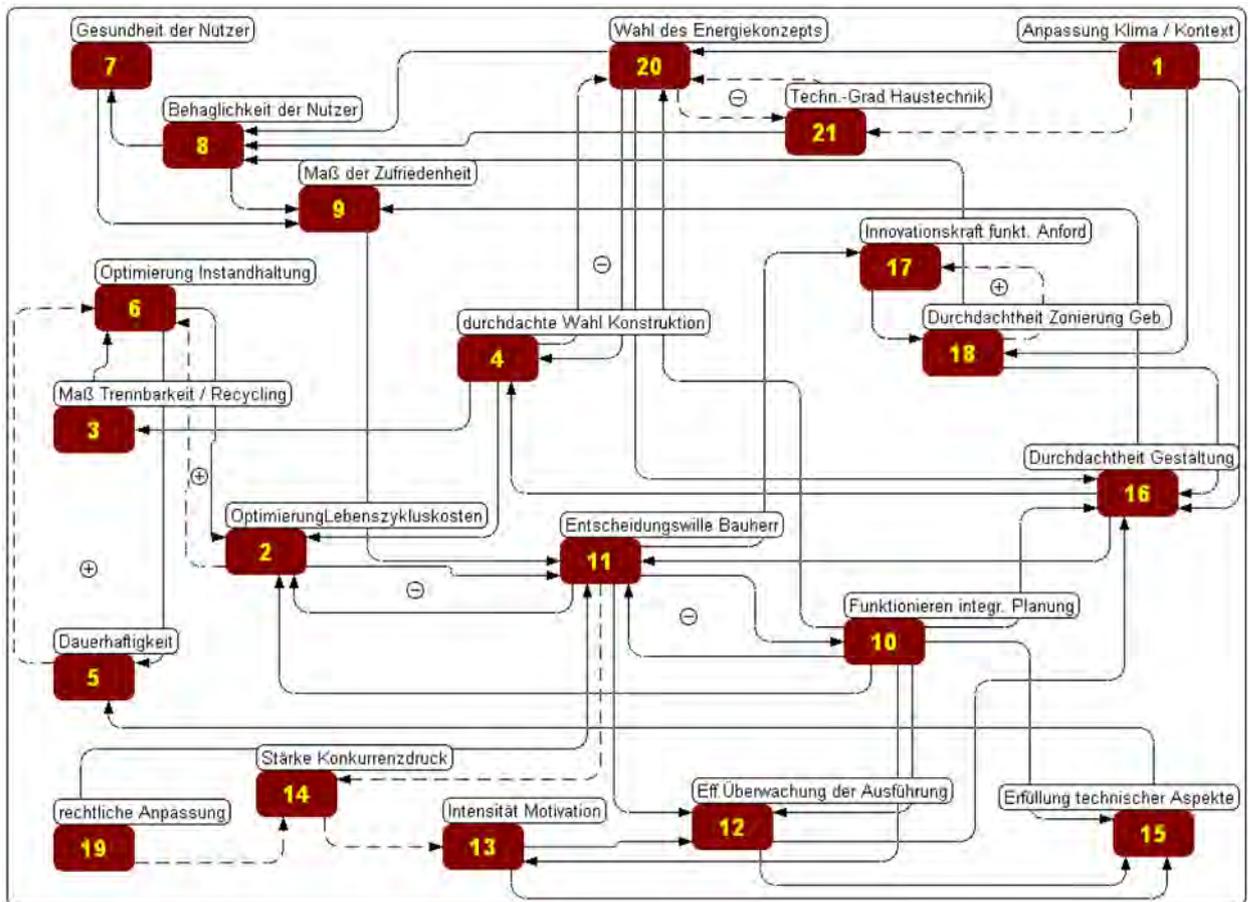


Abbildung 5.1.1:  
Wirkungsgefüge zum Entstehen nachhaltiger Gebäude als kybernetisches Modell  
dargestellt im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®

5.2 Allgemeine Schlussfolgerungen

5.2.1 Bauherr

Die Wichtigkeit des Bauherrn für die Erreichung von Nachhaltigkeitsanforderungen und die Umsetzung von (Bau-)Qualität ist sehr groß. Der Bauherr muss zu Beginn der Bauaufgabe die zu erreichenden Ziele festlegen, er ist für die Kommunikation dieser an die Planungsbeteiligten verantwortlich. Die Projektziele sollten dann in Absprache mit dem Planungsteam noch optimiert werden. Der Bauherr hat durch seine (frühzeitigen) Festlegungen entscheidenden Einfluss auf den weiteren Planungsablauf und den hergestellten Bau. Er muss sich bewusst sein, dass hohe Anforderungen an Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität nur zu einem ganz frühen Zeitpunkt und mit konsequenter Umsetzung minimalen Einfluss auf die Herstellungskosten haben. Dem Bauherrn sollte klar sein, dass Kosteneinsparungen sinnvoll über den Lebenszyklus gerechnet werden müssen und nicht zwangsläufig zu geringeren Herstellungskosten führen. Der Einfluss, den der Bauherr durch z.B. Unentschlossenheit, verzögertes Entscheidungstreffen oder aber volles Vertrauen dem Architekten gegenüber hat, ist für den Projekterfolg von großer Bedeutung. Wichtig ist auch, dass einmal getroffene Entscheidungen nicht unüberlegt zurückgenommen werden. In der Bauausführung müssen bei festgestellten Fehlern

auch Konsequenzen durch den Bauherrn durchgesetzt werden. Dies erfordert, je nach Größe des Objekts, eine unabhängige (externe) Qualitätssicherung, die kontinuierlich den Baufortschritt kontrolliert, und damit auch die Bauausführenden „erzieht“.

Zur Umsetzung dieses Punktes muss dem Bauherrn die Wichtigkeit und der Einfluss seines Handelns klar kommuniziert werden. Hierzu können Schulungen der Bauherren sinnvoll sein.

### **5.2.2 Integrale Planung**

Die frühzeitige Bildung eines integralen Planungsteams, das über die gesamte Planungsphase Bestand hat und die für das Projekt wichtigen Spezialgebiete abdeckt, ist vorteilhaft. Eine aus dem vernetzten Systemdenken kommende Führung bedeutet für die Beteiligten und vor allem für den Koordinator des integralen Planungsteams, dass sie Teil des Ganzen sind und zusätzlich eine richtungsweisende und moderierende Funktion haben – im Gegensatz zu einem reinen Manager, dessen Fokus auf der Organisation der Prozesse liegt. [Menz 2009, Seite 268] Die Vernetzung der einzelnen Teilaspekte erfordert neben dem Spezialwissen auch ein Wissen über die Zusammenhänge im Ganzen, um die Einzelpunkte in Beziehung setzen zu können. Der Architekt ist auf Grund seiner Ausrichtung als Koordinator hierfür gut geeignet und war in den analysierten Beispielen jeweils die koordinierende Person.

In nachhaltiger Architektur kommt dem Architekten eine richtungsweisende, koordinierende und die Teilaspekte in einer Gestaltung zusammenfassende Rolle zu. Der Berufsstand der Architekten hat hierüber die Möglichkeit seine Position wieder zu stärken.

Zur Umsetzung muss ein Planungsbeteiligter – meist der Architekt – die Rolle der Koordination übertragen bekommen und diese dann konsequent umsetzen. Die übrigen Planungsbeteiligten müssen dem Koordinator zuarbeiten und sich aktiv in den Entwurfs- und Planungsprozess einbringen.

Die Koordination kann von einem Architekten übernommen werden, der auf Grund seiner Ausbildung als Generalist eine sehr weitreichende Sichtweise hat. Es ist aber auch denkbar, dass ein Beteiligter eines Ingenieurbüros, das mehrere oder alle ingenieurtechnischen Aspekte abdeckt, diese Rolle übernimmt. Voraussetzung ist eine strukturierte Vorgehensweise und eine Offenheit für technische und ökologische Notwendigkeiten. Gerade die Verknüpfung von gestalterischen Aspekten mit den energetischen und technischen Gegebenheiten kann so erfolgen und in einer kybernetischen Herangehensweise umgesetzt werden.

### **5.2.3 Bauausführung**

Eine Erhöhung der Ausführungsqualität durch Motivation und Kommunikation der Beteiligten und konstruktive Zusammenarbeit am Bau verbessert die Nachhaltigkeit von Gebäuden. Eine Qualitätssicherung auf der Baustelle hilft die geforderten Qualitätsstandards einzuhalten und Fehler zu vermeiden. Schulungen der ausführenden Handwerker, wie sie im Fall von Ludesch durchgeführt wurden, könnten ein zusätzliches Mittel sein, wie eine Erhöhung der Bauqualität erreicht werden kann. Für öffentliche Aufträge mit Bindung an die VOB sollten die Spielräume, die seit den VOB Änderungen 2006 und 2009 bestehen, ausgenützt werden. In Ausschreibungen können demnach

neben dem Preis auch andere Kriterien zur Wertung der Angebote herangezogen werden, wenn diese vorher in der Ausschreibung (in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit) genannt wurden [Hartmann 2009]. Auch im Kriterium Ausschreibung und Vergabe der Zertifizierungskriterien 2011 für das BNB-System wurde dies aufgenommen [BMVBS 2011a].

Da diese Möglichkeiten noch selten angewandt werden, muss hierfür die Kommunikation und Schulung mit den Entscheidungsträgern und den damit befassten Personen verstärkt werden. Zusätzlich sollten beispielhafte Ausschreibungstexte und Wertungsmöglichkeiten erarbeitet und veröffentlicht werden.

#### 5.2.4 Lebenszyklus und Kosten

Lifecycleanalysis (LCA) und Lebenszykluskosten (LCC) sind mögliche Instrumente, um sich der Langlebigkeit und dem Lebenszyklusdenken zu nähern. Diese Betrachtungen können die Begründungen liefern, um Mehrkosten in der Erstellung zu akzeptieren. Zusätzlich stellen sie eine Objektivierbarkeit und Quantifizierbarkeit her. Für nachhaltiges Bauen sind die Art der Konstruktion, seine Dauerhaftigkeit, die Instandhaltung des Gebäudes und seine spätere Verwertung wichtig. Nachdem der Verbrauch der Betriebsenergie in den letzten Jahren immer mehr gesenkt wurde, muss nun eine Minimierung des Energieverbrauchs in den Materialien und die regenerative Erzeugung der noch benötigten Energie vollzogen werden. Hierbei kann eine LCA hilfreich sein. Eine Ökobilanzierung hilft den Primärenergieinhalt von Konstruktionen mit in die Bewertung der Gesamtprimärenergie aufzunehmen. Noch steht die Ökobilanzierung als Hilfsmittel im Baubereich erst am Anfang. Die Unschärfen durch z.T. zu allgemeine und undifferenzierte Datengrundlagen für Bauprodukte und die Festlegungen zu Lebensdauern von Bauteilen kann nur überschlägige Ergebnisse liefern.

Hochwertige Materialien und zusätzliche Qualitätssicherung auf der Baustelle für einen fachgerechten Einbau erzeugen Kosten in der Erstellungsphase. Diese einmaligen Investitionen rechnen sich jedoch in der Betriebsphase. Eine LCC kann die Zusammenhänge darstellen. Von der Bauherrseite muss frühzeitig festgelegt werden, ob ein Gebäude auf seine beschränkten Herstellungskosten, minimierte Betriebskosten oder minimierte Lebenszykluskosten hin optimiert werden soll. Daraus ergeben sich dann etwas unterschiedliche Vorgehensweisen in der Kostenbetrachtung.

Auch in den Ausschreibungen muss der Rahmen des Machbaren umgesetzt werden und dann neben Herstellungskosten auch Betriebs- /Wartungskosten etc. für einen bestimmten Zeitraum miteinbezogen werden; siehe hierzu [Hartmann 2009] und [Mc Kinsey 2008]. Schon im Endbericht zur Bauqualität in Deutschland von 2002 wurde vorhergesagt, dass „Aspekte der Nachhaltigkeit, wie die Lebenszyklusbetrachtung von Gebäuden sich durchsetzen werden. Die Reduzierung von Lebenszyklusaufwendungen bedeutet in der ökonomischen Dimension: Betriebskostensenkung. Das setzt Mittel frei, um in Qualität investieren zu können. Dies muss jedoch viel stärker als bisher öffentlichkeitswirksam verbreitet werden.“ [BBR 2002, Seite 219]. An diesen Feststellungen hat sich bis heute nichts geändert.

### 5.2.5 Gestaltung

Sowohl in den analysierten Beispielen, als auch im theoretischen Modell, hatte die Gestaltung eine hohe Wichtigkeit. Nachhaltige Architektur zeichnet sich durch Bezug zum speziellen Ort und Kontext aus. Die Einbeziehung eines Energiekonzeptes schon im frühen Planungsstadium wird zum gestalterischen Element, das sich in Konstruktion und Material äußert; siehe hierzu [Pfeifer 2010b]. Für eine Gestaltung nachhaltiger Architektur ist es wichtig, dass die Grundlagen der funktionalen Überlegungen für die Nutzung innovativ weitergedacht werden und über bestehende Muster hinaus gehen. Es sollte kritisch hinterfragt werden, ob die räumliche Anordnung und der Platzbedarf so nötig sind, oder ob z.B. bei Funktionsänderung das Gebäude auch sinnvoll nutzbar ist.

Funktionale Anforderungen und Zusammenhänge mit dem Energiekonzept ermöglichen zukunftsfähige Lösungen für das Gebäude. Das Hinterfragen der Rahmenbedingungen und Weiterdenken, um neue Ansätze und Ideen zu ermöglichen, sollte den Architekten als Grundlage dienen; siehe hierzu [Kapfinger 2009, Seite 15].

Die Gestaltung entsteht dabei aus einem iterativen Prozess von vorrangig passivem Energiekonzept, Materialwahl, der konstruktiven Wechselwirkung mit der Technik und der Auseinandersetzung mit dem Ort. Eine Architektur, die auf diesen Gestaltungsgrundsätzen aufbaut, ist ein Schlüsselement in allen untersuchten Gebäuden. Der frühzeitige Einbezug und die Integration dieser Aspekte muss in der Entwurfsgestaltung und Detailausbildung umgesetzt werden und kann so nachhaltige Architektur erzeugen.

### 5.2.6 Sonstiges

Schon im Endbericht zur Bauqualität [BBR 2002] wurden die Kriterien Lebenszyklusbetrachtung, Zielvereinbarung des Bauherrn und gute Ausführungsqualität als wichtig erkannt. Folgerichtig wurden diese Punkte auch in den Nachhaltigkeitszertifizierungen von BNB und DGNB in den Kriteriengruppen ökologische Qualität, ökonomische Qualität und Prozessqualität verankert. Bedarfsplanung, Zielvereinbarung, das Bestehen eines integralen Planungsteams, Berechnungen von LCC und LCA, Umsetzung von umweltorientierten Kriterien in der Ausschreibung, Qualitätssicherung in der Bauausführung und eine systematische Inbetriebnahme werden in den Zertifizierungen abgefragt. Ein höherer energetischer Standard als der in der EnEV geforderte, führt zu besser bewerteten Resultaten. Für das Vertrauen und die Motivation auf der Baustelle ist es allerdings fraglich, ob dies durch das formalistische Vorgehen erzeugt werden kann. Die Zertifizierung ist ein Hilfsmittel, um in der Gebäudeplanung die Daten strukturiert aufzunehmen und einheitlich darzustellen. Zusätzlich schafft sie eine allgemein lesbare Vergleichbarkeit von Gebäuden im Bereich der Nachhaltigkeit und ist daher für die Allgemeinheit ein wichtiges Instrument zur Kommunikation über Nachhaltigkeit. Sie schafft öffentliche Aufmerksamkeit.

Bei der Gestaltungsqualität ist die Umsetzung in Zertifizierungskriterien sehr viel schwieriger, da sich diese Kriterien nicht einfach quantifizieren lassen. Die Verankerung dieser Qualität in der Zertifizierung durch einen Planungswettbewerb ist als Kriterium nicht ausreichend und wird der Komplexität der dahinterliegenden Prozesse nicht gerecht.

Umsetzung in der  
Zertifizierung

**5. Weiterentwicklung des Systems**

**5.2 Allgemeine Schlussfolgerungen**

Insgesamt lassen sich viele Teilaspekte quantifizieren und in der Zertifizierung nachweisen. Rein qualitativ einteilbare Kriterien, wie Gestaltung und Funktionalität, sind schwer in den Zertifizierungen integrierbar und damit nicht eindeutig bewertbar. Insgesamt darf durch die Beschäftigung mit den vielen Teilaspekten in den Bewertungen auch der Blick für das Ganze und die architektonische Ausformulierung nicht verloren gehen.

Kommunikation und Motivation

Durch die bewusste Berücksichtigung der Wechselwirkungen von (Bau-)Qualität und Nachhaltigkeit können nachhaltige Gebäude entstehen. Diese erfordern neben Fachwissen vor allem die Kommunikation und Motivation aller Beteiligten, das beste Resultat erhalten zu wollen und Schwierigkeiten gemeinsam zu überwinden. Ein Austausch über die zu erreichenden Ziele ist wichtig. Die Verantwortung muss von allen getragen werden.

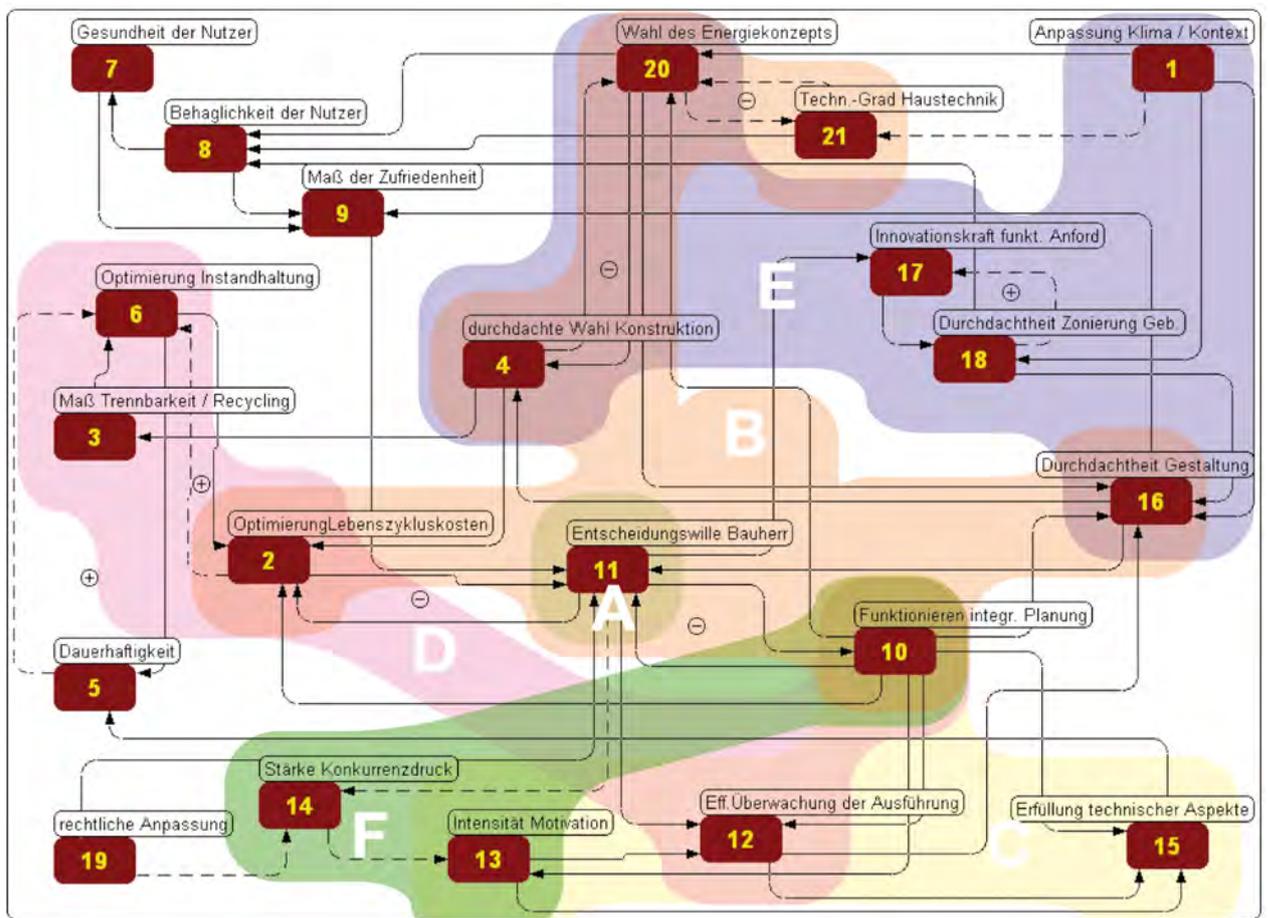


Abbildung 5.2.1: Wirkungsgefüge zum Entstehen nachhaltiger Gebäude als kybernetisches Modell

Aus der Betrachtung des Wirkungsgefüges zum Entstehen nachhaltiger Gebäude kann festgestellt werden, dass nicht alle Wechselwirkungen von gleicher Bedeutung sind. Es haben sich Cluster ergeben, die sich um die entscheidenden Einflussvariablen bilden. Diese Cluster sind in den Kapiteln 5.2.1 bis 5.2.6 beschrieben worden. Dabei entspricht A – dem Kapitel 5.2.1 Bauherr, B – dem Kapitel 5.2.2 Integrale Planung, C – dem Kapitel 5.2.3 Bauausführung, D – dem Kapitel 5.2.4 Lebenszyklus und Kosten, E – dem Kapitel 5.2.5 Gestaltung, F – dem Kapitel 5.2.6 Kommunikation.

Die Beachtung dieser Wechselwirkungen und die Fokussierung auf die in diesem Cluster enthaltenen Punkte stellen die Stellschrauben im Gefüge der Wechselwirkungen von Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität dar. Die Berücksichtigung dieser Vernetzungen schafft es die Systemstruktur so zu beeinflussen, dass die Selbstregulation unterstützt wird.

### **5.3 Zusammenfassung**

In dieser Arbeit werden die Wechselwirkungen und Einflüsse von Aspekten der Nachhaltigkeit und Kriterien der (Bau-)Qualität untersucht. Die recht dehnbaren Begriffe der (Bau-)Qualität und Nachhaltigkeit werden erörtert und in ihren Teilaspekten konkretisiert. In Kapitel 2 wird zusammenfassend festgestellt, dass Zielsetzungen der Qualität im Baubereich nicht automatisch Ziele der Nachhaltigkeit mit einschließen. Wenn aber in der frühen Phase der Planung schon Aspekte der Nachhaltigkeit als Vorgaben definiert werden, können diese zu qualitativen Merkmalen werden und sind dann für die Erfüllung der festgelegten Eigenschaften – also der (Bau-)Qualität – relevant.

Im Bereich der Planungsprozesse und Bauausführung entstehen enge Verbindungen von Qualitätserfüllung und Nachhaltigkeitsaspekten. Auch die Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus, sowie gestalterische und funktionale Aspekte stellen Bezüge von (Bau-)Qualität und Nachhaltigkeit dar.

Eine frühzeitige Zielvereinbarung mit dem Bauherrn über die geforderten Gebäudeeigenschaften sollte Grundlage für alle Planungen sein. Eine größere Wertschätzung fundierter Planungsleistung unterstützt die Qualitätserfüllung und auch das Erreichen von Nachhaltigkeitszielen. Eine Lebenszyklusbetrachtung für Kosten und ökologische Kriterien mit Festlegung von Qualitätsmerkmalen für die Nutzungsphase trägt dazu bei, die geforderten Eigenschaften nicht nur für den Zeitpunkt der Erstellung, sondern auch für die spätere Phase der Nutzung zu optimieren.

Zu den abstrakten Qualitätsmerkmalen, deren Erfüllungsgrad sehr viel schwerer nachzuprüfen ist, gehören Fragen einer gestalterischen Qualität und auch Funktionalität des Gebäudes. Eine gestalterische Leistung, die sich über die zukünftigen Jahrzehnte durchsetzen und erhalten kann, sorgt für Langlebigkeit des Gebauten. Auch funktionale Aspekte der Bauaufgabe, also die langfristige Nutzbarkeit des Gebäudes, sind nicht zu vernachlässigen. Die Erfüllung dieser abstrakten Merkmale erfordert eine Kommunikation darüber.

Aus den Konkretisierungen der Begriffe werden zwanzig Variablen abgeleitet, die den gleichen Abstraktionsgrad haben und die für die Beziehungen von Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität von Bedeutung sind. Viele dieser Variablen konkretisieren Teilbereiche, die sowohl der Nachhaltigkeit, als auch der (Bau-)Qualität zugeordnet werden können.

In der Betrachtung des Zusammenspiels von (Bau-)Qualität und Nachhaltigkeit lassen sich die Einflussmöglichkeiten nur eingeschränkt durch eine lineare Prozesskette darstellen. Die Wechselbeziehungen und Verknüpfungen der einzelnen Aspekte müssen als kybernetisches Modell gesehen werden. Deshalb wird in Kapitel 3.1 kurz auf die Kybernetik eingegangen, in der Erkenntnisse über die Steuerungsmöglichkeiten komplexer Systeme betrachtet werden.

Mit den abgeleiteten Variablen wird in Kapitel 3.3. eine Sensitivitätsanalyse als kybernetisches Modell mit dem *Sensitivitätsmodell Prof. Vester®* durchgeführt. Mit diesem Sensitivitätsmodell lassen sich komplexe Zusammenhänge, die ein Verständnis der Zusammenhänge und Rückwirkungen einzelner Teile verlangen, übersichtlich darstellen. Zusätzlich ermöglicht die strukturierte Vorgehensweise die Erstellung eines Wirkungsgefüges und dessen Rückkopplungen. Mit der gezielten Beeinflussung bestimmter Einflussvariablen werden neue Szenarien aufgebaut und damit Abschätzungen der langfristigen Einwirkungen ermöglicht. Ergebnis dieser Analyse ist, dass die Variablen *Dauerhaftigkeit, Gesundheit der Nutzer, Behaglichkeit der Nutzer, Maß der Zufriedenheit, Intensität der Motivation, Durchgängigkeit der Informationsweitergabe, Erfüllung technischer Aspekte* und „ganzheitliche Durchdachtheit“ der Funktionalität zur Stabilisierung und Selbstregulation des Systems beitragen; siehe hierzu Abbildung 3.3.14. *Höhe der Umwelteinwirkungen* und *Höhe der Betriebskosten* sind reaktive Größen, d.h. sie können als messbare Größen zu einem Monitoring der Prozesse beitragen, damit sich keine ungeahnten Überraschungen ergeben. Da die tatsächliche *Höhe der Betriebskosten* immer erst nach der Fertigstellung des Gebäudes existiert, sind diese Variablen nicht zur Steuerung des Systems geeignet. Jedoch müssen die späteren Betriebskosten schon in der Planungsphase mitberücksichtigt werden. Im vorliegenden System von größter Bedeutung sind die aktiven bis kritischen Variablen *20 rechtliche Anpassung, 12 Entscheidungswille des Bauherrn, 11 Funktionieren der integralen Planung, 13 Effizienz der Überwachung der Ausführung, 3 Höhe der Erstellungskosten, 7 Optimierung der Instandhaltung, 18 „Ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung* und *15 Stärke des Konkurrenzdrucks*. Die Variablen *18 „Ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung* und *15 Stärke des Konkurrenzdrucks* sind im System aktiv und gleichzeitig puffernd.

Dies bedeutet, dass diese Variablen vielfältige Einflüsse auf andere Variablen haben oder von Einflüssen der anderen Variablen abhängig sind. Diese Variablen können durch sanfte und stetige Veränderung das Gesamtsystem langfristig beeinflussen. Das eindeutige Bekenntnis des Bauherren (Variable 12) zu einem energieeffizienten und nachhaltigen Gebäude und dessen konsequente Umsetzung ist von sehr großer Wichtigkeit, um der aktiven und leicht kritischen Variablen gerecht zu werden. Die fast überlagernde Darstellung von Variable 3 *Höhe der Erstellungskosten* und 7 *Optimierung der Instandhaltung* macht deutlich, dass gerade die Kostenseite nicht alleine über die kurzfristige Investition als Erstellungskosten, sondern über den gesamten Lebenszyklus und unter Einbeziehung der Betriebskosten betrachtet werden muss. Die Instandhaltung als ein kostenträchtiger Teil der Lebenszykluskosten kann durch die Wahl der Konstruktion in der Entwurfsphase beeinflusst werden. Es ist deshalb sinnvoll, die Materialwahl bewusst auf Langlebigkeit und einfachen Ersatz hin zu prüfen. Als kritische Variable mit genauso starker Wirkung wie Reaktion ist auch die *integrale Planung* (Variable 11) zu sehen. Interdisziplinäre Fachkompetenz ist Voraussetzung für die Erreichung der gesteckten Ziele. Diese muss schon ganz früh im Planungsstadium eingerichtet und der Entwurf in enger Abstimmung im Team entwickelt werden. Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse korrespondieren mit Kapitel 2, im Bereich der integralen Planung, Bauausführung, Lebenszyklusbetrachtung und Kommunikation über die gestalterischen Qualitäten und damit deren Wahrnehmung.

In einem nächsten Schritt werden für diese Arbeit die Einflüsse, die sich im Bereich integraler Planung und Gestaltung ergeben, genauer betrachtet. Ergebnis ist, dass erst die positive Beeinflussung der besseren Zusammenarbeit der Planer in einem iterativen Prozess und die Verbesserung der Gestaltung durch Berücksichtigung des Ortes, Konzeptionen zu Energie und Ökologie durch ihre Wechselwirkungen rasch einen großen Einfluss auf die anderen Variablen ausüben. Hierbei überlagern sich die Beeinflussungen der beiden Variablen und verstärken sich.

Auf Grund dieser Ergebnisse und um den Zusammenhang genauer zu betrachten, werden in Kapitel 4 vorbildliche, gebaute Beispiele nachhaltiger Architektur auf dahinterliegende Prinzipien untersucht. Ausgewählt werden Gebäude, die als nachhaltig und gestalterisch herausragende Beispiele in den letzten Jahren veröffentlicht und z.T. mit Preisen ausgezeichnet wurden. Diese werden untersucht auf Planungs- und Bauprozess, energetisches Konzept, Materialwahl, Kosteneinfluss und die Einflussfaktoren für die Gestaltung. Die Ergebnisse der Gebäudeanalysen werden zusammengefasst und die Gemeinsamkeiten und Unterschiede herausgearbeitet, sowie die Verallgemeinerung dargestellt, mit welchen Vernetzungen nachhaltige Architektur entstanden ist und welche Einflussgrößen für qualitativvolles und nachhaltiges Bauen wichtig sind. Die Analyse der Gebäude deutet auf einige Faktoren hin, die als Erfolgsfaktoren für nachhaltige Gebäude gelten können. Festgestellt wird, dass sich die Zusammenarbeit der einzelnen Planer sowie Bauausführenden auf die Ergebnisse auswirkt. Nachhaltige Gebäude sind als interdisziplinäres Projekt schon in der Konzeptphase angelegt worden. Dabei ist das Engagement aller Beteiligten, vom Architekten und Tragwerksplaner bis zum Bauphysiker und Haustechniker von großer Wichtigkeit.

Die konstruktive Zusammenarbeit mit den an der Baustelle Beteiligten schafft Vertrauen und trägt damit zur Motivation bei. Dies führte zu weniger Fehlern und langfristig zu mehr Zufriedenheit auf beiden Seiten.

Dem Bauherrn selbst kommt eine wichtige Rolle zu, indem er bestimmte ökologische Ziele als Anforderungen vorgibt und über den gesamten Bauprozess konsequent beibehält.

Bei allen Gebäuden werden die Grundlagen der funktionalen Überlegungen für die Nutzung innovativ weitergedacht und gehen über bestehende Muster hinaus. Die Gestaltung entsteht aus einem iterativen Prozess von vorrangig passivem Energiekonzept, Materialwahl, der Auseinandersetzung mit dem Ort und zugleich einem „über sich Hinauswachsen“. Eine Architektur, die auf diesen Gestaltungsgrundsätzen aufbaut, ist ein Schlüsselement in allen Gebäuden.

Ein an den Ort angepasstes und mit den Funktionen abgestimmtes Energiekonzept ist die Grundlage, die die Gestaltung mit beeinflusst. In diesem Energiekonzept werden erst die passiven Strategien und Anordnungen des Gebäudes sowie seiner Funktionen optimiert, und dann die aktiven Maßnahmen integriert. Die Technik wird hierbei darauf ausgelegt, robust und bedienerfreundlich zu sein. Die Materialwahl wird nach ökologischen Kriterien und mit dem Ziel der Schadstoffminimierung ausgerichtet. Die Dauerhaftigkeit und leichte Trennbarkeit der Konstruktion ist von Bedeutung. Bei den begrenzten Herstellungskosten wird eine klare Festlegung der auszuführenden Qualitäten in den Bauteilen getroffen. Der Gebäudehülle kommt eine große Rolle zu. Aus den Ergebnissen wird ein System von Wechselwirkungen aufgebaut, wie es sich aus der Analyse ergibt; siehe hierzu Abbildung 4.4.1.

Die Ergebnisse aus der Gebäudeanalyse und die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse werden in Kapitel 6 gegenübergestellt. Daraus wird ein Wirkungsgefüge zum Entstehen nachhaltiger Gebäude als kybernetisches Modell entwickelt. Dieses ist in Abbildung 5.1.1 dargestellt. Darin wird dargestellt, unter welchen Voraussetzungen nachhaltige Gebäude entstehen können.

Die allgemeinen Schlussfolgerungen ergeben, dass dem Bauherrn im Gesamtsystem eine wichtige Rolle zukommt. Integrale Planung soll frühzeitig mit (motivierten) Fachplanern umgesetzt werden. Der Architekt hat als Koordinator die Funktion alle Teilaspekte in einer Gesamtgestaltung umzusetzen. Eine Erhöhung der Ausführungsqualität verbessert die Nachhaltigkeit von Gebäuden. Hierzu ist eine Qualitätssicherung der Ausführung hilfreich. Die Berechnung von Lebenszykluskosten hilft mögliche Mehrkosten in der Herstellung einzuschätzen und verschiedene Möglichkeiten der Konstruktion objektivierbar abzuwägen. Die Gestaltung des Gebäudes entsteht aus dem Einbezug des energetischen Konzeptes, dem Weiterdenken funktionaler Anforderungen an das Gebäude und manifestiert sich in der Konstruktion und Materialität des Gebauten. In dem Aussehen und der Wahrnehmung des Gebäudes sind diese Aspekte integriert.

Ansatzpunkte für ein verbessertes zukünftiges Vorgehen werden abschließend in Kapitel 6 beschrieben.

## 6. Fazit

Bei der Beschäftigung mit Bereichen der Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität konnten viele Wechselwirkungen und Verknüpfungen dargestellt werden. Nachhaltigkeit im Baubereich und (Bau-)Qualität entstehen durch das Ineinandergreifen und sich Verstärken der Einzelvariablen. Dem Ziel des Erkennens, Steuerns und selbstständigen Regels von vernetzten Abläufen bei minimalem Energieaufwand wird durch das Wissen um wichtige Wechselwirkungen, an denen es sich lohnt Energien aufzuwenden und Verbesserungen einzusetzen, nähergekommen. An den in der Arbeit herausgearbeiteten und in Kapitel 5.2 zusammengefassten, wichtigen Variablen lohnt es sich diese Energie einzusetzen. Die Wechselwirkungen sind auf Grund der Komplexität nur in qualitativen Bewertungen darstellbar.

Um dem Anspruch des nachhaltigen Bauens näher zu kommen, muss die Gestaltung in ihrer Komplexität und die Qualität der Bauausführung wieder mehr in den Mittelpunkt gerückt werden. Dabei ist die Motivation von Planern und Bauausführenden sowie Kommunikation zwischen den Beteiligten von hoher Bedeutung.

### Effektive Maßnahmen

Der entscheidende Impuls, der von der Betrachtung der Wechselwirkungen zwischen Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität ausgeht, ist die Hervorhebung der effektiven Maßnahme, deren Beachtung weitreichenden Einfluss auf die Nachhaltigkeit von Gebäuden hat. Nachhaltigkeit ist kein absolutes Konzept, dass durch die effiziente Erfüllung einer Reihe von Kriterien / Maßnahmen alleine erreicht werden kann. Auf Nachhaltigkeit angelegte langfristige Entwicklungen sind ein komplexer Prozess, der für jedes Gebäude etwas anders auszusehen hat.

### Konkrete Ergebnisse

Es konnte nachgewiesen werden, dass sich Nachhaltigkeit für Gebäude umsetzen lässt, wenn

- dem Bauherrn die Wichtigkeit seiner Rolle klar ist. Durch frühzeitige, eindeutige Bedarfsplanung und Zielvorgaben für die Planung hat der Bauherr entscheidenden Einfluss auf die Durchsetzung von Nachhaltigkeitsaspekten. Aber auch im laufenden Planungsprozess ist die Rolle der Bauherren nicht zu unterschätzen, wenn es um Zieländerungen, kurzfristige Änderungen der Wünsche und die Durchsetzung von Entscheidungen geht.
- die Ausführung überwacht wird und Motivation und Zusammenarbeit statt Konkurrenz am Bau vorhanden sind. Gesteigerte Bauqualität (in Planung und Ausführung) kann entscheidend dazu beitragen, Nachhaltigkeitsaspekte in die Realität umzusetzen. Dies muss durch öffentlichkeitswirksame Maßnahmen und Schulungen der am Bau Beteiligten verbreitert werden.
- der Planungsprozess integral in einem gemeinsamen und iterativen Prozess stattfindet. Dabei müssen frühzeitig in der Vorplanung Architekten, Tragwerksplaner, Bauphysiker und Gebäudetechniker gemeinsam ein Projekt entwickeln. Überschlägige Berechnungen und Simulationen von energetischen Kennwerten, die in Zukunft auch die primärenergetischen Berechnungen von Konstruktionen beinhalten werden, müssen den Planungs- und Gestaltungsprozess begleiten und beeinflussen und mit dem Planungsfortschritt genauer werden. Schon hier muss z.B. geklärt werden, in welcher Himmelsrichtung welche Fenstergrößen möglich sind, welche Maßnahmen zur passiven Energienutzung angestrebt werden, usw..

## 6. Fazit

- Kosten über den Lebenszyklus gerechnet werden und sich damit Mehrkosten und Einsparungen in verschiedenen Phasen ergänzen können. Hierbei muss frühzeitig festgelegt werden, ob die Kosten auf den gesamten Lebenszyklus oder auf die Phase der Betriebskosten / Erstellungskosten hin optimiert werden. Je frühzeitiger und eindeutiger die Festlegung ist, desto besser kann das Ziel erreicht werden.
- die Wichtigkeit der Gestaltung, sowie der Funktionalität eines Gebäudes erkannt wird. Die Gestalt des Gebäudes als zentraler Punkt wird durch die Wahrnehmung der Gebäudeeigenschaften geprägt. Für die Gestaltung ausschlaggebend sind Ort, Funktion, Energiekonzept und weiterentwickelte Funktionalität. Funktionalität bedeutet dabei, die jeweilige Funktion eines Gebäudes so weiterzudenken, dass auch zukünftige Funktionen oder die aktuellen Nutzungen in z.B. flächenoptimierter Weise untergebracht werden. Dieser Bereich ist als kreativer Akt nicht durch eine Zertifizierung erfüllbar. Hierzu braucht es Mut, Anstrengungen und Durchsetzungsvermögen. Nur wenn dieser Gestaltungsprozess innerhalb der Planer funktioniert, werden nachhaltige Gebäude entstehen.

Nachhaltigkeitszertifizierung ist für Gebäude eine Maßnahme zur Effizienzsteigerung. Diese schafft eine allgemein lesbare Vergleichbarkeit von Gebäuden im Bereich der Nachhaltigkeit und ist daher ein wichtiges Instrument für die Kommunikation über Nachhaltigkeit – sie schafft öffentliche Aufmerksamkeit. Zusätzlich ist sie ein Hilfsmittel, um in der Gebäudeplanung die Daten strukturiert aufzunehmen und einheitlicher darzustellen. Aber erst die Bündelung der Kräfte und die Berücksichtigung und die konsequenten Verbesserung der entscheidenden Stellschrauben kann die Nachhaltigkeit beim Bauen steigern.

Es konnte gezeigt werden, dass die Planungsabläufe, die konstruktive Zusammenarbeit, die Gestaltung des Gebäudes, sowie funktionelle Überlegungen entscheidende Stellschrauben sind, durch deren Wechselwirkungen ein starker positiver Impuls hervorgebracht wird.

Aus der Arbeit lässt sich ableiten, dass dem Bauherren frühzeitig seine Wichtigkeit aufzuzeigen ist. Die Entwicklung eines Energiekonzeptes als Teil der Gestaltungsqualität des Gebäudes und als iterativer Prozess im integralen Planungsteam ist frühzeitig zu integrieren ist. Eine konsequente Qualitätssicherung auf der Baustelle, die zu einer Steigerung der ausgeführten Bauqualität führt, ist außerdem äußerst wichtig.

### Umsetzung

Für die Umsetzung ist denkbar, dass Architekten und Ingenieure über die Ergebnisse dieser Arbeit und weitere Überlegungen hierzu geschult werden. Vor allem die erkannten Stellschrauben sollten dabei explizit behandelt werden und Baukultur hinterfragt werden. Konkret müssen zur Umsetzung folgende Maßnahmen abgeleitet werden:

- Schulung der Bauherrenvertreter und Entscheidungsträger, um den großen Einfluss von Bedarfsplanung und Zielsetzung eines Bauvorhabens sowie der Zeitpunkt der jeweiligen Entscheidungen hervorzuheben
- Ausschöpfung der Ausschreibungsmöglichkeiten, d.h. Einbezug und Bewertung nach Lebenszykluskosten, Forderungen des Einreichens von Sicherheitsdatenblättern, wichtigen technischen Merkblättern und

## 6. Fazit

bauaufsichtlichen Zulassungen bei Angebotsabgabe, um bereits bestehenden Anforderungen an Bauqualität Nachdruck zu verleihen. Für die Erfüllung der ersten beiden Punkte kann eine frühzeitig begonnene Zertifizierung auf Nachhaltigkeit hilfreich sein.

- konsequent umgesetzte Qualitätssicherung der Ausführung
- Einbezug eines Planungsteams (zumindest für energetische Fragen und tragwerksplanerische Belange) schon in der Vorentwurfsphase. Damit kann die Bedeutung der Gestaltung eines Gebäudes mit den Teilbereichen örtlicher Bezug, klimatischer Anpassung, funktionaler Weiterentwicklung der Nutzung und Energiekonzeption hervorgehoben werden
- Wertschätzung der Wichtigkeit von Planungsleistungen und Schaffung eines integralen Planungsteams. Die Verantwortung der Aufgabe muss sich auch in der Vergütung widerspiegeln können. In der Planungsphase investierte Kosten werden sich langfristig auszahlen.

### Kommunikation und Schulung

Die bereits vorhandenen Möglichkeiten nachhaltig zu bauen müssen flächendeckend in Weiterbildungen, Seminaren, Fachveröffentlichungen und Fachforen kommuniziert werden und bei der gesamten Fachöffentlichkeit verbreitet werden. Das Verantwortungsbewusstsein der einzelnen Beteiligten muss wieder gestärkt werden. Wichtig ist eine weitreichende Schulung der am Bau Beteiligten. Hierbei geht es nicht nur um das Fachwissen der einzelnen Bereiche, sondern auch um die Auswirkungen auf andere Bereiche und das Abwägen von verschiedenen Möglichkeiten. Schon Buckminster Fuller [Fuller 1969] hat darauf hingewiesen, wie wichtig es ist, „über den Tellerrand sehen“ und nicht nur unterschiedliches Spezialwissen zu besitzen, sondern über die Verknüpfungen und gegenseitigen Beeinflussungen Bescheid zu wissen.

### Handlungsbedarf

Ein grundsätzliches Überdenken unseres aktuellen Lebensstils und Lebensstandards ist erforderlich, um langfristige Erfolge im Bereich der Nachhaltigkeit zu erreichen.

Für die Praxis besteht zukünftiger Handlungsbedarf in der Ausarbeitung unmittelbar verwendbarer Ausschreibungstexte und Vergabekriterien für die ökologische Ausschreibung von Gebäudeleistungen aller Gewerke. Daran anschließen sollten Untersuchung der dadurch entstehenden Kosten und Problematiken in der Durchführung. Auch müssen die zur Zeit gängigen Konstruktionen unter Einbezug der Kriterien Schadstoffe in Materialien, Recyclingmöglichkeiten und Entsorgungsproblematik dahingehend untersucht werden.

Zur Weiterentwicklung und zum detaillierten Verständnis sollten die einzelnen Cluster, die sich aus dem Wirkungsgefüge der kybernetischen Simulation ergeben haben, jeweils als Thema in einer eigenen Sensitivitätsanalyse aufgearbeitet werden.

Damit Architekten, Ingenieure und Bauausführende in der Praxis kybernetische Optimierungsstrategien umsetzen können,

- muss das Wissen über die Komplexität der Vorgänge allgemein erkannt und akzeptiert werden. Dies erfordert Bewusstseinsbildung.
- muss das Wissen um zentrale Stellschrauben vermittelt werden, z.B. durch Veröffentlichungen und Seminare.

## 6. Fazit

- müssen alle Beteiligten für Verbesserungsmaßnahmen verantwortlich sein. Eine Kultur von Miteinander anstelle eines Gegeneinanders ist hierfür von entscheidender Bedeutung.
- müssen konkret die Wechselwirkungen im Bereich um die Stellschrauben (Cluster) aktiv gestaltet werden. Dies bedeutet im Sensitivitätsmodell nach Vester, dass negative Wechselwirkungen verstärkt (d.h. Selbstregulation angeregt) und positive Wechselwirkungen unterbrochen werden müssen.

## 7. Abbildungsverzeichnis

- Kapitel 1:                   Abbildung 1.1:  
Klimatische Veränderungen und damit zusammenhängende Prozesse  
und Effekte [UNEP 2010a], Seite 4
- Kapitel 2.1:               Abbildung 2.1.1:  
Aufschlüsselung der Einflussvariablen nach Bereichen, Seite 9
- Kapitel 2.2:               Abbildung 2.2.1:  
Nachhaltigkeitsdreieck nach [Enquete-Kommission 1998], Seite 13  
Abbildung 2.2.2:  
Vier Dimensionen einer nachhaltigen Entwicklung nach [König 2009, Seite 9],  
Seite 14  
Abbildung 2.2.3:  
Entstehung des Bruttoinlandsprodukts in Deutschland 2008.  
[Destatis 2009b], Seite 15  
Abbildung 2.2.4:  
Energieproduktivität und Rohstoffproduktivität aus dem Indikatorenbericht  
[Destatis 2010, Seite 5,6], Seite 16  
Abbildung 2.2.5:  
Untergliederung des Begriffes Nachhaltigkeit, Seite 18  
Abbildung 2.2.6:  
Bausteine der Beschreibung der Nachhaltigkeit nach DIN EN 15643:2010  
[Praxischeck 2010], Seite 21  
Abbildung 2.2.7:  
Beeinflussbarkeit von Kosten sowie nachhaltigen Gebäudeeigenschaften  
und Erkennbarkeit der Kosten/nachhaltigen Gebäudeeigenschaften über den  
gesamten Lebenszyklus gesehen, Seite 26  
Abbildung 2.2.8:  
Kosten einer Immobilie über die verschiedenen Phasen des Lebenszyklus,  
Seite 27  
Abbildung 2.2.9:  
Stoff- und Energieströme während des Lebenszyklus eines Gebäudes  
[König 2009, Seite 12], Seite 29  
Abbildung 2.2.10:  
Auswertung aus Studie [Meckmann 2009, Seite 19], Seite 32  
Abbildung 2.2.11:  
DGNB- Schutzziele und Schutzgüter als Grundlage des Bewertungssystems  
Neubau Verwaltung 2009 für DGNB und BNB, Seite 33
- Kapitel 2.3:               Abbildung 2.3.1:  
Mängelkategorien aus [BBR 2002, Seite 78], Seite 39  
Abbildung 2.3.2:  
Fehlerursachen im Bauwesen nach [Kochendörfer 2007], Seite 40  
Abbildung 2.3.3:  
Kano-modell zur Klassifizierung von Kundenwünschen [Kochendörfer 2007,  
Seite 171], Seite 41  
Abbildung 2.3.4:  
Untergliederung der Bauqualität mit Einzelaspekten, Seite 42
- Kapitel 3.1:               Abbildung 3.1.1:  
Lebenszyklus als sozialer Prozess nach [König 2009 Seite 14], Seite 49
- Kapitel 3.3:               Abbildung 3.3.1:  
Aufschlüsselung der Einflussvariablen nach Bereichen, Seite 52

## 7. Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 3.3.2:  
Überprüfung der Kriterienmatrix auf Abdeckung aller Teilbereiche dargestellt im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®, Seite 53
- Abbildung 3.3.3:  
Aspekte des Nachhaltigen Bauens und deren Eingang in das System der Einflussvariablen, Seite 54
- Abbildung 3.3.4:  
Aspekte der Prozessqualität und deren Eingang in das System der Einflussvariablen, Seite 57
- Abbildung 3.3.5:  
Aspekte der Produktqualität und deren Eingang in das System der Einflussvariablen, Seite 59
- Abbildung 3.3.6:  
Zusammensetzung des Abfallaufkommens 2007 in Deutschland [Destatis 2009d], Seite 61
- Abbildung 3.3.7:  
ökonomischer Einfluss der verschiedenen Bereiche über den Lebenszyklus (80 Jahre) einer Immobilie [Sohm 2009, Seite 45], Seite 65
- Abbildung 3.3.8:  
Die häufigsten Krankheitsarten in 2008 aus: [BKK 2009, Seite 12], Seite 67
- Abbildung 3.3.9:  
Einflussmöglichkeiten auf die Planung in Abhängigkeit von der Zeit, Seite 71
- Abbildung 3.3.10:  
Belastungen in der Arbeitswelt, Ergebnisse einer Umfrage der Initiative Neue Qualität der Arbeit (INQA), Seite 74
- Abbildung 3.3.11:  
Einflussmatrix der am System beteiligten Einflussvariablen dargestellt im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®, Seite 79
- Abbildung 3.3.12:  
Rollenverteilung der einzelnen Variablen dargestellt im System im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®, Seite 80
- Abbildung 3.3.13:  
Einflussindex aktiv / reaktiv und kritisch / puffernd der einzelnen Variablen dargestellt im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®, Seite 82
- Abbildung 3.3.14:  
Rollenverteilung der Variablen und deren Interpretation, Seite 84
- Abbildung 3.3.15:  
Foto des Wohn- und Geschäftshauses in der Badenerstraße, Zürich von Pool-Architekten, Seite 85
- Kapitel 3.4:  
Abbildung 3.4.1:  
Darstellung des Wirkungsgefüges im Sensitivitätsmodell Prof. Vester®, Seite 87
- Kapitel 3.5:  
Abbildung 3.5.1:  
Variablenentwicklung ohne Veränderungen, Seite 89
- Abbildung 3.5.2:  
Variablenentwicklung bei Erhöhung der Variable Entscheidungswille des Bauherrn, Seite 89
- Abbildung 3.5.3:  
Variablenentwicklung bei Erhöhung der Variable Funktionieren der integralen Planung, Seite 90

## 7. Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 3.5.4:  
Variablenentwicklung bei Erhöhung der Variable „ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung, Seite 91
- Abbildung 3.5.5:  
Variablenentwicklung bei Erhöhung der Variable Funktionieren der integralen Planung und „ganzheitliche Durchdachtheit“ der Gestaltung, Seite 92
- Kapitel 4.2:
- Abbildung 4.2.1:  
Apfelhotel in Hohenbercha, Gesamtansicht mit Garten – Foto:  
Sebastian Schels + Deppisch Architekten, Seite 96
- Abbildung 4.2.2:  
Lageplan Apfelhotel in Hohenbercha, Seite 97
- Abbildung 4.2.3:  
Ablaufdiagramm der Planung des Apfelhotel in Hohenbercha, Seite 100
- Abbildung 4.2.4:  
Ansicht Patchworkhaus – Fotos: Ruedi Walti, Seite 102
- Abbildung 4.2.5:  
Lageplan Patchworkhaus, Müllheim, Seite 103
- Abbildung 4.2.6:  
Ablaufdiagramm der Planung des Patchworkhaus Müllheim, Seite 106
- Abbildung 4.2.7:  
Mehrfamilienhaus in Zürich, Gesamtansicht von der Straße – Foto:  
Beat Bühler, Seite 108
- Abbildung 4.2.8:  
Lageplan Mehrfamilienhaus Zürich, Müllheim, Seite 109
- Abbildung 4.2.9:  
Ablaufdiagramm der Planung des Mehrfamilienhauses in Zürich, Seite 111
- Abbildung 4.2.10:  
Gemeindezentrum Ludesch: Gesamtansicht mit Blick über den überdachten Platz – Foto: Bruno Klomfa, Seite 113
- Abbildung 4.2.11:  
Lageplan Gemeindezentrum Ludesch, Seite 114
- Abbildung 4.2.12:  
Ablaufdiagramm Gemeindezentrum Ludesch, Seite 117
- Kapitel 4.4:
- Abbildung 4.4.1:  
System von Wechselwirkungen hergeleitet aus den Analyseergebnissen,  
Seite 124
- Abbildung 4.4.2:  
System von Wechselwirkungen und Unterteilung in Teilbereiche, Seite 128
- Kapitel 5:
- Abbildung 5.1.1:  
Wirkungsgefüge zum Entstehen nachhaltiger Gebäude als kybernetisches Modell, Seite 133
- Abbildung 5.2.1:  
System von Wechselwirkungen und Unterteilung in Teilbereiche, Seite 137

## 8. Tabellenverzeichnis

Kapitel 2.2:	Tabelle 2.2.1: Phasen im Gebäudelebenszyklus und Zuordnung zu den Einflussvariablen, Seite 24
Kapitel 2.3:	Tabelle 2.3.1: Kategorisierung von Qualitätsmerkmalen nach [Trost 2006], Seite 37

## 9. Abkürzungen

BDA	Bund deutscher Architekten
BIM	building information modell
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BNB	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
bzw.	beziehungsweise
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
EnEV	Energieeinsparverordnung
EPD	Environmental Product Declaration
EU	Europäische Union
etc.	et cetera
evtl.	eventuell
FM	Facility Management
Gefma	German Facility Management Association
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LCA	Life Cycle Analysis / Ökobilanz
LCC	Life Cycle Cost / Lebenszykluskosten
QM	Qualitätsmanagement
PPP	Public Privat Partnership
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
TVOC	Total Volatile Organic Compound
UNEP	United Nations Environment Programme
Leed	Leadership in Environmental and Energy Design
u.a.	unter anderem
usw.	und so weiter
VOB	Verdingordnung für das Bauwesen
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
z.z.	zurzeit

## 10. Literaturverzeichnis

- [Adlbert 2010] Adlbert, Georg; Hausladen, Gerhardt; Liedl, Petra et al: Energieeffiziente Architektur in Deutschland. Ludwigsburg: Wüstenrot-stiftung; Stuttgart + Zürich: Karl Krämer Verlag, 2010
- [Balck 2007] Balck, Henning: Lebenszyklusorientierte Ausschreibung und Vergabe im Hochbau. Institut für Projektmethodik und Systemdienstleistungen. Forschungsprojekt der Forschungsinitiative Zukunft Bau, 2007–2009, <http://www.irbnet.de/daten/baufo/20088034217.pdf>, abgerufen 01.02.2010
- [BBR 2002] Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.): Dialog Bauqualität – Enderbericht. Bearbeitung: Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V., Projektleiter: Vogdt, Frank. Berlin, 2002
- [BBR 2008] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und Bundesamt für Raumordnung (Hrsg.): Folgen des Klimawandels: Gebäude und Baupraxis in Deutschland. BBR-Online-Publikation, Nr. 10/2008. urn:nbn:0093-ON1008R229
- [BKK 2009] BKK Bundesverband (Hrsg.): Gesundheitsreport 2009. Berlin: 2009
- [BMU 2011a] [http://www.bmu.de/nachhaltige\\_entwicklung/stategie\\_und\\_umsetzung/nachhaltigkeitsstrategie/doc/38935.php](http://www.bmu.de/nachhaltige_entwicklung/stategie_und_umsetzung/nachhaltigkeitsstrategie/doc/38935.php), abgerufen am 06.04.11
- [BMU 2011] BMU (Hrsg.): Energiewende – Der Weg zur Energie der Zukunft – sicher, bezahlbar und umweltfreundlich. <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/47465/4590>, Stand 06.06.2011, abgerufen am 03.08.2011.
- [BMU 2010] BMWi und BMU (Hrsg.): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/energiekonzept-2010,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>, abgerufen am 03.08.2011.
- [BMVBS 2001] BMVBS: Leitfaden Nachhaltiges Bauen. <http://www.nachhaltigesbauen.de/leitfaeden-und-arbeitshilfen/leitfaden-nachhaltiges-bauen.html>, abgerufen 01.10.2009
- [BMVBS 2009] BMVBS: Bewertungssystem für Nachhaltiges Bauen (BNB) 2009\_4. <http://www.nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem-nachhaltiges-bauen-fuer-bundesgebaeude-bnb/steckbriefe-bnb-2009-4.html>, abgerufen 28.01.2010
- [BMVBS 2010] BMVBS: Nutzungsdauern von Bauteilen. <http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/nutzungsdauern-von-bauteilen.html>, abgerufen am 01.03.2010
- [BMVBS 2011] BMVBS: Leitfaden Nachhaltiges Bauen. <http://www.nachhaltigesbauen.de/leitfaeden-und-arbeitshilfen/leitfaden-nachhaltiges-bauen.html>, abgerufen am 15.03.2011
- [BMVBS 2011a] BMVBS: Bewertungssystem für Nachhaltiges Bauen (BNB) 2011\_1. Kriterium 5.1.4 Ausschreibung und Vergabe. [http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/BNB\\_Steckbriefe\\_Buero\\_Neubau/aktuell/BNB\\_BN\\_514.pdf](http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/BNB_Steckbriefe_Buero_Neubau/aktuell/BNB_BN_514.pdf), abgerufen 03.05.2011
- [BMWi 2010] Bundeswirtschaftsministerium: [www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Wirtschaft/Wirtschaftspolitik/oeffentliche-auftraege,did=190878.html](http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Wirtschaft/Wirtschaftspolitik/oeffentliche-auftraege,did=190878.html), abgerufen am 26.02.2010
- [Crosby] Crosby, Philip: Quality is free – if you understand it. <http://www.wppl.org/wphistory/PhilipCrosby/QualityIsFreeIfYouUnderstandIt.pdf>, abgerufen am 26.04.2010

## 10. Literaturverzeichnis

- [Danbauer 2009] Danbauer, Diana: Anleitung zum Bauerfolg. In: Die Österreichische Bauzeitung. <http://www.diebauzeitung.at/ireds-99398.html>, abgerufen 04.03.2010
- [Deppisch 2010] <http://www.deppischarchitekten.de/auszeichnungen.html>, abgerufen am 18.12.2010
- [Deppisch 2011] Deppisch, Michael: Gespräch Februar 2011, Freising
- [Destatis 2009a] Statistisches Bundesamt Deutschland (Destatis): Erwerbstätige nach Wirtschaftsbereichen (vorläufiges Ergebnis): <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetige/Tabellen/Content75/ArbeitnehmerWirtschaftsbereiche,templated=renderPrint.psml>, abgerufen am 04.11.2009
- [Destatis 2009b] Statistisches Bundesamt Deutschland (Destatis): Deutsche Wirtschaft 2. Quartal 2009: [www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/VolkswirtschaftlicheGesamtrechnungen/DeutscheWirtschaftQuartal,property=file.pdf](http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/VolkswirtschaftlicheGesamtrechnungen/DeutscheWirtschaftQuartal,property=file.pdf), abgerufen am 04.11.2009
- [Destatis 2009c] Statistisches Bundesamt Deutschland (Destatis): Abfallbilanz 2007: <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Tabellen/Content75/Abfallbilanz2007,property=file.pdf>, abgerufen am 04.11.2009
- [Destatis 2009d] Statistisches Bundesamt Deutschland (Destatis): Statistisches Jahrbuch 2009, Kapitel 12 Umwelt, s. 305. Paderborn: Bonifatius Druck-Buch-Verlag, 2009
- [Destatis 2010] Statistisches Bundesamt Deutschland (Destatis): Indikatorenbericht 2010, <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/Indikatorenbericht2010,property=file.pdf>, abgerufen 07.04.2011
- [DGBK 2011] Deutsche Gesellschaft für Baukybernetik: <http://www.baukybernetik.de/dgbk.htm#Baukybernetik>, abgerufen am 05.04.2011
- [DGNB-NV09] DGNB: Kriteriensteckbriefe zur Zertifizierung der Systemvariante Neubau Büro- und Verwaltung 2009. Stuttgart: 2009
- [DGNB 2009] DGNB: Kriteriensteckbriefe Neubau und Verwaltungsgebäude, Version 2009: Kriterium 17 – Drittverwendungsfähigkeit
- [DGNB 2010] DGNB – Motor für die Nachhaltigkeit; [http://www.dgnb.de/de/profil/portraet/index.php?edit\\_document=1](http://www.dgnb.de/de/profil/portraet/index.php?edit_document=1), abgerufen am 17.03.2010
- [DGQ 2004] DGQ-Tagungsband: QM in der Anwendung, Ausgabe 8, 2004, QMA-4, Seite15-20, Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V., Frankfurt am Main, 2004
- [DIN 9000] DIN EN ISO 9000:2005-12: Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen und Begriffe. 2005
- [DIN 14040] DIN EN ISO 14040:2006-10: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen. 2006
- [DIN 15643] DIN EN 15643-1:2010-12: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden; Teil 1: Allgemeine Rahmenbedingungen. 2010

## 10. Literaturverzeichnis

- [dtv 1980] Deutscher Taschenbuch Verlag: dtv-Lexikon, Band 15, Ausgabe 1980. München: Deutscher Taschenbuch Verlag, 1980
- [eco-bau 2011] [http://www.eco-bau.ch/resources/uploads/d\\_Faktenblatt\\_Minergie\\_2010.pdf](http://www.eco-bau.ch/resources/uploads/d_Faktenblatt_Minergie_2010.pdf) und <http://www.eco-bau.ch/resources/uploads/innenraumklima.pdf>, abgerufen am 09.03.2011
- [ECO-BAU, 2011] Geschäftsstelle eco-bau (Hrsg.): ECO-BKP Merkblätter ökologisches Bauen nach Baukostenplan BKP. [http://www.eco-bau.ch/resources/uploads/eco-devis\\_merkblaetter/2011/eco-BKP\\_Sammlung\\_2011\\_red.pdf](http://www.eco-bau.ch/resources/uploads/eco-devis_merkblaetter/2011/eco-BKP_Sammlung_2011_red.pdf), abgerufen am 29.07.2011
- [Eichholtz 2009] Eichholtz, Piet; Kok, Nils; Quigley, John M.: Doing well by doing good? Green office buildings. European Centre for Corporate Engagement, Maastricht University; University of California Energy Institute, 2009
- [Enquete-Kommission 1998] Enquete-Kommission: Deutscher Bundestag 13. Wahlperiode, Abschlussbericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltigen zukunftsverträglichen Entwicklung“ Konzept Nachhaltigkeit – Vom Leitbild zur Umsetzung. Drucksache 13/11200, 26. Juni 1998. Bonn:1998
- [Enquete-Kommission 2002] Enquete-Kommission: Bundestag, 14. Wahlperiode, Abschlussbericht der Enquete-Kommission „Globalisierung der Weltwirtschaft – Herausforderungen und Antworten“. Drucksache 14/9200, 12. Juni 2002. Bonn: 2002
- [EU 2006] Kommission der europäischen Gemeinschaften: Grünbuch – Eine europäische Strategie für nachhaltige, wettbewerbsfähige und sichere Energie. Brüssel: 2006
- [EU 2010] Europäische Gemeinschaft: Eco-design Directive for energy using products; [http://www.eceee.org/Eco\\_design/](http://www.eceee.org/Eco_design/), abgerufen am 09.03.2010
- [Fischer 2009] Fischer von, Sabine: Konturierter Stein. In Werk, bauen + wohnen: Für die Zukunft, 12/2009. Zürich: Verlag Werk AG, 2009.
- [Forum 2009] Forum – nachhaltig wirtschaften: Unternehmen im Gesundheitscheck. Heft 02/2009. ALTOP Verlag, München: 2009
- [Fuerst 2009] Fuerst, Franz; McAllister, Patrick: An Investigation of the Effect of Eco-Labeling on Office Occupancy Rates. The University of Reading, Henley Business School, School of Real Estate and Planning, 2009
- [Fuller 1969] Fuller, R. Buckminster: Bedienungsanleitung für das Raumschiff Erde und andere Schriften; Hrsg. Von Krausse, Joachim. Aus dem Amerikanischen von Joachim Krausse und Ursula Bahn. Amsterdam; Dresden: Verlag der Kunst, 1998
- [Gabi 2011] GabiSoftware, Gabi-built it: <http://www.gabi-software.com/deutsch/loesungen/oekobilanzen-fuer-gebaeude/>, abgerufen am 01.11.2011
- [Garvin 1984] Garvin, David A.: What does Product Quality really mean? In Sloan Management Review, Fall 1084, Seite 25–43, 1984
- [Greiner 2007] Greiner, Otto: Zukunft steuerbar machen. In Strategie Journal Heft 02/07, Seite 16, 2007, [http://www.strategie.net/inhalte\\_strategiepreis/2007/Greiner-Artikel-SJ-2-07.pdf](http://www.strategie.net/inhalte_strategiepreis/2007/Greiner-Artikel-SJ-2-07.pdf), abgerufen am 15.01.2010

## 10. Literaturverzeichnis

- [Grote 2002] Grote, Heinz: Verbundprojekt Logistiknetzwerk Bau – Kostensenkung im Wohnungsbau durch Supply Chain Project Management in der Bauwert-schöpfungskette. Teilvorhaben Entscheidungslogistik. Schlussbericht. BMBF, Berlin, 2002. <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb02/360499686.pdf>, abgerufen 10.02.2011
- [Hammer 2007] Hammer, Renate; Holzer, Peter: Elemente einer gesamtheitlichen Baukultur. In: Österreichischer Baukulturreport 2006. [www.baukulturreport.at/index.php?idcatside=63&mod33\\_1=print](http://www.baukulturreport.at/index.php?idcatside=63&mod33_1=print), abgerufen am 18.09.2007
- [Hartmann 2009] Hartmann, David: Umweltfreundliche öffentliche Beschaffung. Hrsg.: Umweltbundesamt, Pressestelle, Juli 2009; <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3821.pdf>, abgerufen am 12.08.2009
- [Hegger 2008] Hegger, Manfred; Fuchs, Matthias; Stark, Thomas; Zeumer, Martin: Energie Atlas. Nachhaltige Architektur. Institut für internationale Architektur-Dokumentation. München: 2008
- [Herzog 2005] Herzog, Kati: Lebenszykluskosten von Baukonstruktionen. Dissertation, Technische Universität Darmstadt. Eigenverlag Heft 10. Darmstadt: 2005
- [Hirsch 2011] Hirsch, Nikolaus; Lorch, Wolfgang: Für wen würden Sie gern einmal bauen ... In: Baumeister 04/2011, Seite 90. München, Callwey Verlag: 2011
- [IBG 2011] Institut für Baugestaltung, Baukonstruktion und Entwerfen. [http://www.arch.uni-karlsruhe.de/ibg/Verknuepfungen/s\\_2startframeset.htm](http://www.arch.uni-karlsruhe.de/ibg/Verknuepfungen/s_2startframeset.htm), abgerufen am 20.04.2011
- [ISO 8402] DIN EN ISO 8402: Qualitätsmanagement Begriffe – zurückgezogene Norm, heute : DIN EN ISO 9000:2005 Qualitätsmanagement Grundlagen und Begriffe
- [JLL 2008] Barthauer, Mathias: Ökologische Nachhaltigkeit von Büroimmobilien, Januar 2008. Studie von Jone Lang LaSalle IP. Inc. [www.joneslanglasalle.com](http://www.joneslanglasalle.com), abgerufen am 08.04.2010
- [Jungwirth 1996] Jungwirth, Dietrer (Hrsg.); Fuhr, Horst: Qualitätsmanagement im Bauwesen. 2. Auflage. Düsseldorf: VDI-Verlag: 1996
- [Kaltenbrunner 2009a] Kaltenbrunner, Robert: Stairways to heaven? Wegmarken einer nachhaltigen Architektur. In: Der Architekt – Zeitschrift des Bundes Deutscher Architekten, Heft 3/2009 Ästhetik der Ökologie – Aufbruch in die klimatische Moderne. Berlin: 2009
- [Kaltenbrunner 2009b] Kaltenbrunner, Robert: Grüner Glamour reicht nicht. Frankfurter Rundschau vom 25.02.2009; <http://www.fr-online.de/kultur/architektur/gruener-glamour-reicht-nicht/-/1473352/2944832/-/index.html> ; abgerufen am 27.08.2010
- [Kamiske 2008] Kamiske, Gerd; Brauer, Jörg-Peter: Qualitätsmanagement von A bis Z. 6. Auflage. München, Carl Hanser Verlag: 2008
- [Kapfinger 2009] Kapfinger, Otto: Hermann Kaufmann WOOD WORKS – ökorationale baukunst – architecture durable. Wien: Springer-Verlag, 2009
- [Kleinschmidt 2009] Kleinschmidt, Carola: „Mitarbeiter sind das wichtigste Kapital“ – Mehr als eine Worthülse? In: Forum – nachhaltig wirtschaften: Unternehmen im Gesundheitscheck. Heft 02/2009, Seite 12-21. ALTOP Verlag, München: 2009
- [Kochendörfer 2007] Kochendörfer, Bernd; Liebchen, Jens et al: Bau-Projekt-Management, Grundlagen und Vorgehensweise, 3. aktualisierte Auflage 2007. Wiesbaden, B.G. Teubner Verlag / GWV Fachverlag GmbH: 2007

## 10. Literaturverzeichnis

- [Kohler 2003] Kohler, Niklaus: Lebenszyklusanalyse im Planungsprozess von Gebäuden, In: Darmstädter Nachhaltigkeits Symposium – ökologische und ökonomische Lebenszyklusbetrachtung von Gebäuden am 17. und 18. Juli. Darmstadt, 2003
- [König 2009] König, Holger; Kohler, Niklaus et al: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. Institut für internationale Architektur-Dokumentation. München: 2009
- [Kopatz 2006] Kopatz, Michael: Nachhaltigkeit und Verwaltungsmodernisierung. Dissertation, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg – Fachbereich Sozialwissenschaften. Oldenburg: 2006
- [Koppinen 2008] Koppinen T., et. al.: Putting the Client in the Back Seat – Philosophy of the BIM Guidelines. In: Proceedings of Joint CIB Conference: Performance and Knowledge Management, 2008. <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB9847.pdf>, abgerufen am 15.3.2010
- [Legep 2011] Legep: integrale Planungssoftware. <http://www.legep-software.de/information/legep-okologie/>, abgerufen am 01.11.2011
- [Lützkendorf] Lützkendorf, Thomas: Von der Ökobilanzierung zur integrierten Lebenszyklusanalyse – Wege zur Verknüpfung von Umweltfreundlichkeit und Wirtschaftlichkeit in der Planung. Lehrstuhl Ökonomie und Ökologie des Wohnungsbaus, TU Karlsruhe. [http://www.iemb.de/moe/moe19/%F6ko\\_bilanzierung.pdf](http://www.iemb.de/moe/moe19/%F6ko_bilanzierung.pdf), abgerufen am 10.10.2008
- [Maier 2011] Maier, Alexander: Gespräch März 2011, Zürich
- [Mc Kinsey 2008] Mc Kinsey and Company Inc.: Potenziale der öffentlichen Beschaffung für ökologische Industriepolitik und Klimaschutz. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. November 2008
- [Meckmann 2009] Meckmann, Felix; Lechner, Hans (Hrsg.); Heck, Detlef (Hrsg.): Nachhaltiges Bauen – Eine qualitative Übersicht und quantitative Analyse. Graz: Verlag der technischen Universität Graz, 2009
- [Menz 2009] Menz, Sacha (Hrsg.): Drei Bücher über den Bauprozess. Professur für Architektur und Bauprozess, ETH Zürich. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 2009
- [Merl 2006] Merl, Adolf: Langzeitbindung – Wiederverwendung, Weiterverwendung, Recycling, thermische Nutzung. Zuschnitt 24 – vorläufig nachhaltig, Seite 18f. Wien, 2006
- [Miller 2008] Miller, Norm; Spivey, Jay; Florance, Andy: Does Green Pay Off? Burnham-Moores Center for Real Estate July , 2008
- [Moffatt 2008] Moffatt, Sebastian; Kohler, Nikolaus: Conceptualizing the built environment as a social-ecological system. In Building Research & Information, Heft 3, Seite 248–268, Taylor & Francis, 2008
- [Müller 2009] Müller, Birgit; Reske, Martina: Energieaufwand und Behaglichkeit in ausgewählten Büro- und Wohngebäuden – die europäische Studie „HOPE“. In: Kälte, Luft, Klimatechnik, Jahrgang 45, Nr. 6, Seite 18–23. Heidelberg: Hüthig GmbH, 2009
- [Oswalt 1994] Oswalt, Philipp (Hrsg.): Wohltemperierte Architektur: neue Technologien des energiesparenden Bauens. Heidelberg, C.F. Müller Verlag, 1994

## 10. Literaturverzeichnis

- [Pfeifer 2010a] Pfeifer, Günter: Klimagerechte Architektur – Planung und Entwicklung nach dem kybernetischen Prinzip. In: Ingenieurbaukunst made in Germany 2010/2011. Hamburg, Junius Verlag, 2010
- [Pfeifer 2010b] Pfeifer, Günther: Gespräch August 2010, Freiburg
- [Praxischeck 2010] Winter, Stefan; Hafner, Annette; Ott, Stephan: Nachhaltiges Bauen und Sanieren – öffentliche Gebäude. Praxischeck 2010, Heft 2. Kissingen: Weka Verlag, 2010
- [Preisig 2001] Preisig, Hansruedi; Dubach, Werner; Kasser, Ueli; Viridén, Karl; Deutsche Ausgabe: Starzer, Sepp; Wurmer-Weiß, Petra : Der ökologische Bauauftrag – ein Leitfaden für die umweltgerechte und kostenbewusste Planung. München: Callwey Verlag, 2001
- [Sauerbruch 2011] Sauerbruch, Matthias: Baukultur ist .... [http://bundesstiftung-baukultur.de/uploads/media/02\\_Baukultur\\_ist.pdf](http://bundesstiftung-baukultur.de/uploads/media/02_Baukultur_ist.pdf), abgerufen am 07.02.2011
- [Scholz 2007] Scholz, Dieter: Typische Baufehler. 3. überarbeitete Auflage. Köln, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller: 2007
- [Schwaner 2009] Schwaner, Kurt (Hrsg.): Zukunft Holz – Statusbericht zum aktuellen Stand der Verwendung von Holz und Holzprodukten im Bauwesen und Evaluierung künftiger Entwicklungspotenziale. Abschlussbericht 30.04.2009, Institut für Holzbau, Hochschule Biberach. Biberach: CD V 1.1, 2009
- [Sedlbauer 2010] Sedlbauer, Klaus: Gesundheit, Behaglichkeit und Leistungsfähigkeit – wesentliche Kriterien zur Bewertung von Gebäuden. <http://www.nachhaltigesbauen.de/veranstaltungen/nationale-veranstaltungen/nachhaltiges-planen-bauen-und-betreiben-von-gebaeuden/gesundheit-behaglichkeit-und-leistungsfahigkeit-wesentliche-kriterien-zur-bewertung-von-gebaeuden.html>, abgerufen am 30.03.2010
- [Sohm 2009] Sohm, Klaus: Bewertung verschiedener Bauweisen über den gesamten Lebenszyklus unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten. Diplomarbeit am Lehrstuhl Holzbau und Baukonstruktion. Technische Universität München: 2009
- [Stadt Zürich 2009] Stadt Zürich, Hochbaudepartment: Bauen für die 2000 Watt Gesellschaft. Der Stand der Dinge. Zürich: 2009
- [Stern 2006] Stern, Nicholas: Stern Report, Deutsche Zusammenfassung (Langversion): s. iv: [http://www.hm-treasury.gov.uk/sternreview\\_translations.htm](http://www.hm-treasury.gov.uk/sternreview_translations.htm), abgerufen am 04.11.2009
- [Trost 2006] Trost, Markus: Leistungswettbewerb in der Bauwirtschaft – Die Dimensionen einer Strategie des nicht preisbasierten Wettbewerbs. Dissertation an der Bauhausuniversität Weimar. 2006
- [Tuschinski 2010] Tuschinski, Melita: Neufassung der EU-Gebäuderichtlinie 2010. Ab 2020 nur noch Passiv- und Nullenergie-Neubau in EU-Ländern. [http://www.enev-online.de/epbd/epbd\\_2010\\_tuschinski\\_nouvelle\\_eu\\_gebaeuderichtlinie.pdf](http://www.enev-online.de/epbd/epbd_2010_tuschinski_nouvelle_eu_gebaeuderichtlinie.pdf), abgerufen am 03.08.2011.
- [UBA 2008] Umweltbundesamt: Umweltfreundliche Beschaffung. Ökologische und wirtschaftliche Potenziale zulässig nutzen. [http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql\\_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3687](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3687), abgerufen am 15.03.2010

## 10. Literaturverzeichnis

- [UBA 2009] Umweltbundesamt (Hrsg.): Titel. [http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/2009/pdf/pd09-016\\_bild1.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/2009/pdf/pd09-016_bild1.pdf), abgerufen am 20.06.2011
- [UBA 2010] Umweltbundesamt: Rechtsgutachten zu Umweltaspekten in der Vergabe. [www.umweltbundesamt.de/produkte/beschaffung/informationen/allgemeines.html](http://www.umweltbundesamt.de/produkte/beschaffung/informationen/allgemeines.html), abgerufen am 15.03.2010
- [UNEP 2010a] UNEP: <http://maps.grida.no/go/graphic/climate-change-global-processes-and-effects1>, appeared in kick-the-habit-a-un-guide-to-climate-neutrality, author: UNEP/GRID-Arendal, abgerufen am 27.5.2010
- [Voigt 2007] Voigt, Thorsten: Qualität und Nachhaltigkeit – Systematik zur qualitätsgerechten Umsetzung organisatorischer Veränderungsprozesse. FQS-DGQ-Band 88-03, FQS – Forschungsgemeinschaft Qualität e.V. (Hrsg.). Frankfurt am Main, 2007
- [Vogt 2008] Vogt, Regine; Fehrenbach, Horst: Vollständige Verwertung in Müllverbrennungsanlagen. In: Ressourcenschonung und Klimaschutz – Entwicklungen in der Abfallwirtschaft, Fachtagung des Bayerischen Landesamtes für Umwelt am 13.11.2008, Seite 103–114. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, 2008
- [Vester 2004] Vester, Frederic: Biokybernetik und der Weg zur Nachhaltigkeit. Schriftenreihe „forum“. St.Gallen: Malik Management Zentrum: 2004
- [Vester 2008] Vester, Frederic: Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität, 7.Auflage. München: Deutscher Taschenbuchverlag, 2008
- [Wallbaum 2009] Wallbaum, Holger; Meins, Erika: Nicht-nachhaltiges Planen, Bauen und Betreiben – Aus guten Gründen (noch) die Praxis in der Bauwirtschaft? Seite 291ff. Ort: Der Bauingenieur, Band 84, Juli / August 2009
- [Weeber 2003] Weeber Hannes; Bosch Simone: Bauqualität – Verfahrensqualität und Produktqualität bei Projekten des Wohnungsbaus. Bauforschung für die Praxis, Band 60. Stuttgart: Frauenhofer IRB Verlag, 2003
- [Weeber 2006] Weeber Hannes; Bosch Simone: Planung plus Ausführung? Zunehmende Vermischung von Planungs- und Ausführungsleistungen im Wohnungsbau. Bauforschung für die Praxis, Band 79. Stuttgart: Frauenhofer IRB Verlag, 2006
- [Wehinger 2006] Wehinger, R.; Torghele, K.; Mötzi, G. (et al): Neubau ökologisches Gemeindezentrum Ludesch; 51/2006 Berichte aus Energie- und Umweltforschung; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien: 2006
- [Westermann 2010] Westermann, Reto: Leichtgewicht aus Beton. In db, Deutsche Bauzeitung – Schwerpunkt Nachhaltigkeit gestalten, 04/2010. Leinfelder-Echterdingen: Konradin Media GmbH, 2010
- [Wiki 2011] Wikipedia: <http://de.wikipedia.org/wiki/Kybernetik>, abgerufen am 10.02.2011
- [Winter 2010] Winter, Stefan: Gespräch vom 22.01.2010, Lehrstuhl Holzbau und Baukonstruktion, TU München, 2010
- [Winter 2011] Winter, Stefan: Gespräch vom 13.09.2011, Lehrstuhl Holzbau und Baukonstruktion, TU München, 2011

## 10. Literaturverzeichnis

- [Wolf 2008] Wolf, Axel: Vergleichende Bewertung eines fünfgeschossigen Mehrfamilienpassivhauses in Stahlbeton bzw. Massivholzbauweise unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten. Diplomarbeit am Lehrstuhl Holzbau und Baukonstruktion. Technische Universität München: 2008
- [ZDB 2008] Zentralverband Deutsches Baugewerbe: Qualitätssicherung im Planungs- und Bauprozess. Zusammenfassung einer Veranstaltung des ZDB im Rahmen des Prozesses zu einem Leitbild Bauwirtschaft. [www.zdb.de/zdb/nsf/druckansicht](http://www.zdb.de/zdb/nsf/druckansicht), abgerufen am 23.12.2008
- [Zeithaml 2000] Zeithaml, Valerie A.: Service Quality, Profitability and Economic Worth of Customers: What We Know and What We Need to Learn. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 2000, Vol. 28, Nr. 1, S. 67–85, 2000
- [Zimmermann 2010] Zimmermann, Josef: Kybernetik der Planungsprozesse. Vorlesungsskript zur gleichnamigen Vorlesung am Lehrstuhl für Bauprozessmanagement und Immobilienentwicklung, Technischen Universität München. Ausgabe 02/2011

# **11. Anhang**

**11.1 Zuordnung der DGNB-Kriterien zu den Einflussvariablen**

**11.2 Wirkungsgefüge zur Simulation des Teilszenarios**

**11.3 Übersicht der analysierten Gebäude – Projektdaten**

**11.4 Planmaterial der analysierten Gebäude**

**11.4.1 Hotel im Apfelgarten, Hohenbercha**

**11.4.2 Patchworkhaus, Müllheim**

**11.4.3 Mehrfamilienhaus, Zürich**

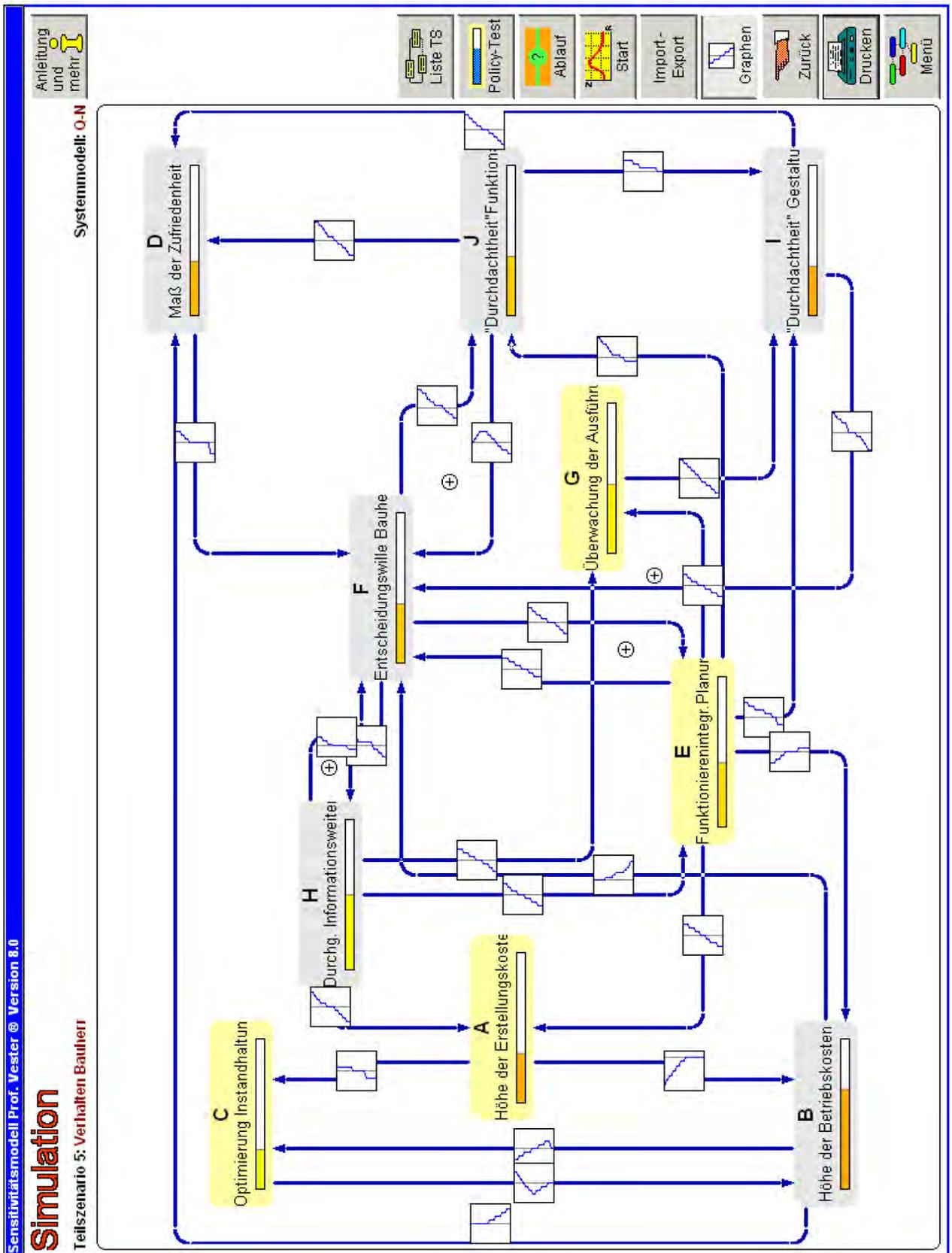
**11.4.4 Gemeindezentrum, Ludesch**

Tabelle Steckbriefe DGNB NV09 und Zuordnung der Einflussvariablen

Hauptkriteriengruppe	Kriteriengruppe	Nr. Kriterium	Zuordnung Einflussvariablen
Ökologische Qualität	Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt	1 Treibhauspotenzial (GWP)	1. Höhe der Umweltwirkungen
		2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	1. Höhe der Umweltwirkungen
		3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	1. Höhe der Umweltwirkungen
		4 Versauerungspotenzial (AP)	1. Höhe der Umweltwirkungen
		5 Überdüngungspotenzial (EP)	1. Höhe der Umweltwirkungen
		6 Risiken für die lokale Umwelt	1. Höhe der Umweltwirkungen
		8 Sonstige Wirkungen auf die globale Umwelt	2. Höhe des stoffl. Verbrauchs, 6. Dauerhaftigkeit
		10 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PE <sub>non</sub> )	2. Höhe des stoffl. Verbrauchs
	Ressourceninanspruchnahme / Abfall-aufkommen	11 Gesamtprimärenergiebedarf und Anteil erneuerbarer Primärenergie	2. Höhe des stoffl. Verbrauchs
		14 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	2. Höhe des stoffl. Verbrauchs
Ökonomische Qualität	Lebenszykluskosten	15 Flächeninanspruchnahme	2. Höhe des stoffl. Verbrauchs
		16 Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	3. Höhe der Erstellungskosten, 4. Höhe der Betriebskosten, 5. Höhe der Entsorgungskosten, 7. Optimierung der Instandhaltung
	Wertentwicklung	17 Drittverwendungsfähigkeit	19. "Ganzheitliche Durchdachtheit" der Funktionalität
		18 Thermischer Komfort im Winter	9. Behaglichkeit der Nutzer
Soziokulturelle und funktionale Qualität	Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzer-zufriedenheit	19 Thermischer Komfort im Sommer	9. Behaglichkeit der Nutzer
		20 Innenraumhygiene	8. Gesundheit der Nutzer
		21 Akustischer Komfort	8. Gesundheit der Nutzer
		22 Visueller Komfort	8. Gesundheit der Nutzer
		23 Einflussnahmemöglichkeiten des Nutzers	10. Maß der Zufriedenheit
		24 Gebäudebezogene Außenraumqualität	10. Maß der Zufriedenheit, 18. "Ganzheitliche Durchdachtheit" der Gestaltung
		25 Sicherheit und Störfallrisiken	8. Gesundheit der Nutzer
		26 Barrierefreiheit	8. Gesundheit der Nutzer
	Funktionalität	27 Flächeneffizienz	19. "Ganzheitliche Durchdachtheit" der Funktionalität
		28 Umnutzungsfähigkeit	19. "Ganzheitliche Durchdachtheit" der Funktionalität
		70 Soziale Integration	19. "Ganzheitliche Durchdachtheit" der Funktionalität
		30 Fahrradkomfort	8. Gesundheit der Nutzer
	Gestalterische Qualität	31 Sicherung der gestalterischen und städtebaulichen Qualität im Wettbewerb	18. "Ganzheitliche Durchdachtheit" der Gestaltung
		32 Kunst am Bau	18. "Ganzheitliche Durchdachtheit" der Gestaltung
Technische Qualität	Qualität der technischen Ausführung	33 Brandschutz	17. Erfüllung Techn. Aspekte
		34 Schallschutz	17. Erfüllung Techn. Aspekte
		35 Wärme- und feuchteschutztechnische Qualität der Gebäudehülle	17. Erfüllung Techn. Aspekte
		40 Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit der Baukonstruktion	7. Optimierung der Instandhaltung
		42 Rückbaubarkeit, Recyclingfreundlichkeit, Demontagefreundlichkeit	6. Dauerhaftigkeit
Prozessqualität	Qualität der Planung	43 Qualität der Projektvorbereitung	12. Entscheidungswille des Bauherrn
		44 integrale Planung	11. Funktionieren der integralen Planung
		45 Optimierung und Komplexität der Herangehensweise in der Planung	11. Funktionieren der integrale Planung, 10. Entscheidungswille des Bauherrn
		46 Nachweis der Nachhaltigkeitsaspekte in Ausschreibung und Vergabe	11. Funktionieren der integrale Planung, 17. Erfüllung techn. Aspekte
		47 Schaffung v. Voraussetzungen f. eine optimale Nutzung + Bewirtschaftung	7. Optimierung der Instandhaltung
		48 Baustelle /Bauprozess	17. Erfüllung techn. Aspekte, 13. Effizienz der Überwachung der Ausführung
		49 Qualität der ausführenden Firmen / Präqualifikation	17. Erfüllung techn. Aspekte, 13. Effizienz der Überwachung der Ausführung
	Qualität der Bauausführung	50 Qualitätssicherung der Bauausführung	13. Effizienz der Überwachung der Ausführung
		51 Systematische Inbetriebnahme	7. Optimierung der Instandhaltung
		58 Risiken am Mikrostandort	Standort wird nicht in das System einbezogen
57 Verhältnisse am Mikrostandort			
58 Image und Zustand von Standort und Quartier			
59 Verkehrsanbindung			
60 Nähe zu nutzungsspezifischen Einrichtungen			
61 anliegenden Medien / Erschließung			

Standortfaktoren (nicht in Gesamtnote berücksichtigt)

Standortqualität	58 Risiken am Mikrostandort	Standort wird nicht in das System einbezogen
	57 Verhältnisse am Mikrostandort	
	58 Image und Zustand von Standort und Quartier	
	59 Verkehrsanbindung	
	60 Nähe zu nutzungsspezifischen Einrichtungen	
	61 anliegenden Medien / Erschließung	

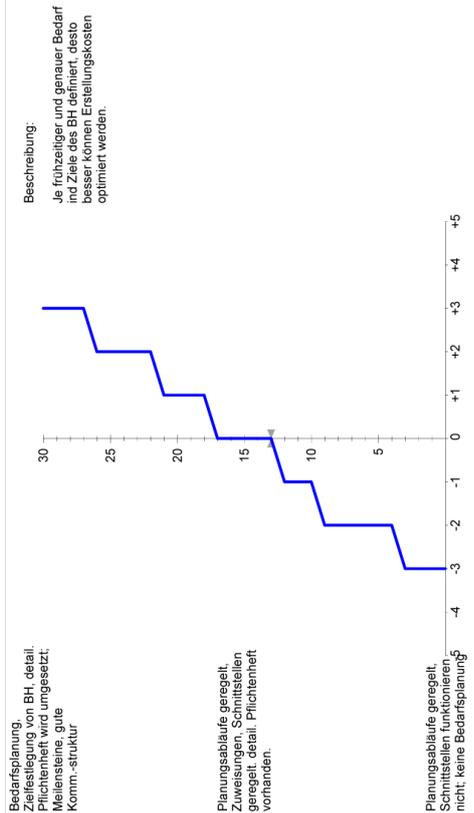


**Funktionen der Wirkungen im Teilszenario Verhalten Bauherr**

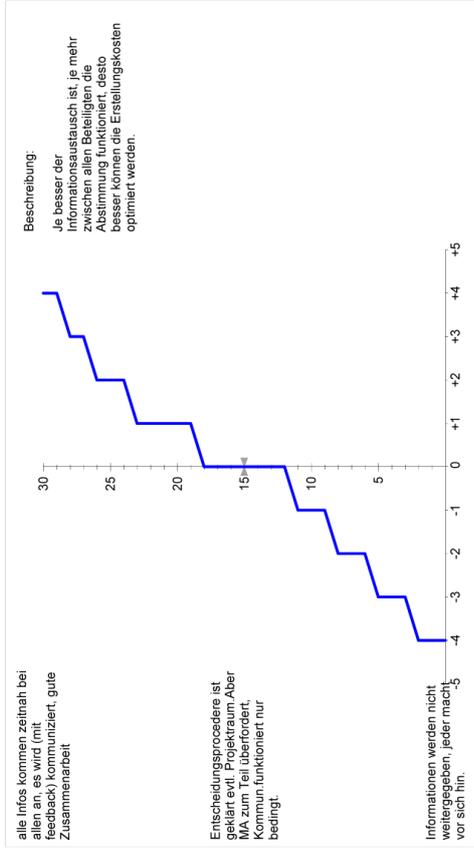
**11. Anhang**

**11.2 Funktionen der Wirkungen im Teilszenario Verhalten Bauherr**

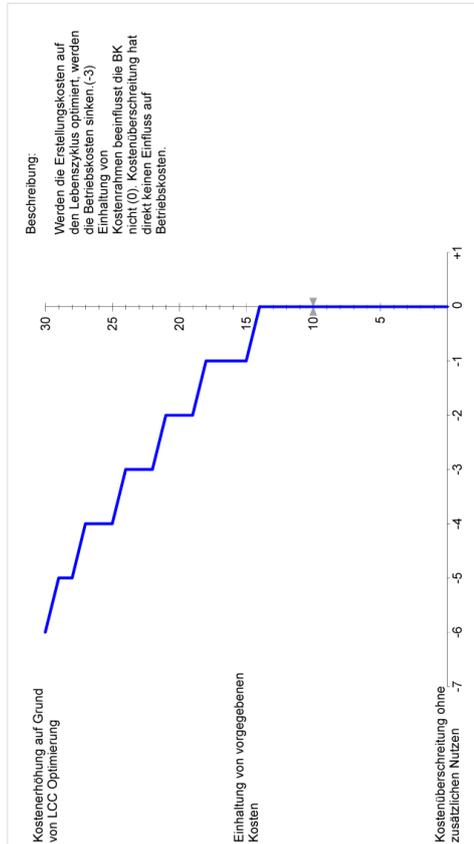
**Wirkung von E "Funktionierenintegr.Planning" auf A "Höhe der Erstellungskosten":**



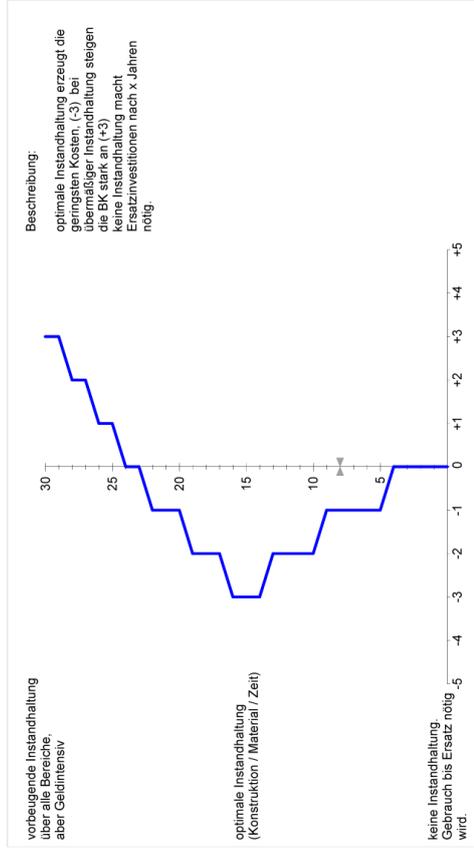
**Wirkung von H "Durchg. Informationsweitergabe" auf A "Höhe der Erstellungskosten":**



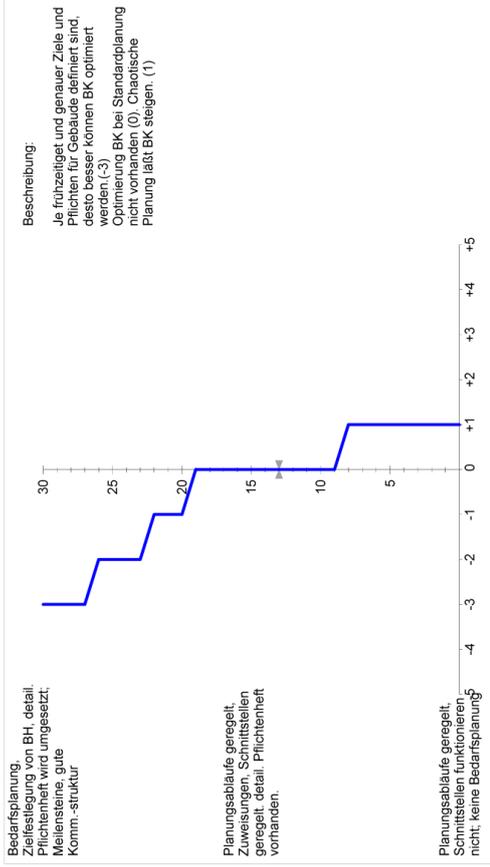
**Wirkung von A "Höhe der Erstellungskosten" auf B "Höhe der Betriebskosten":**



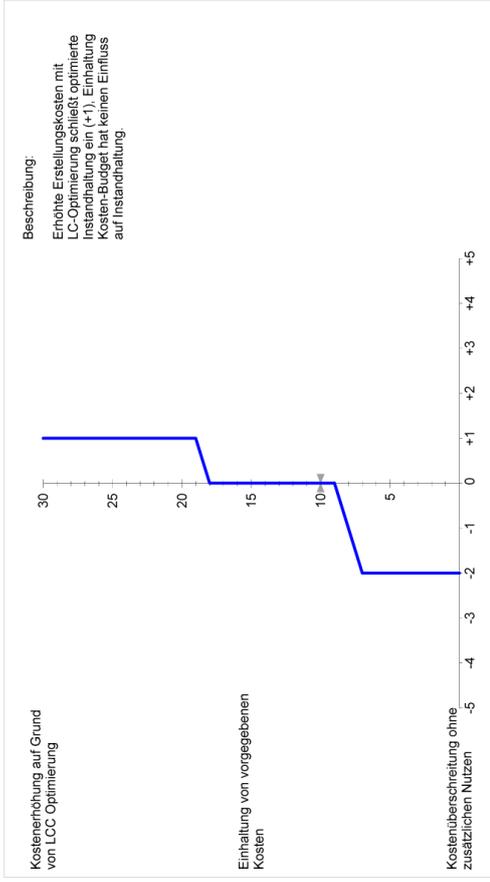
**Wirkung von C "Optimierung Instandhaltung" auf B "Höhe der Betriebskosten":**



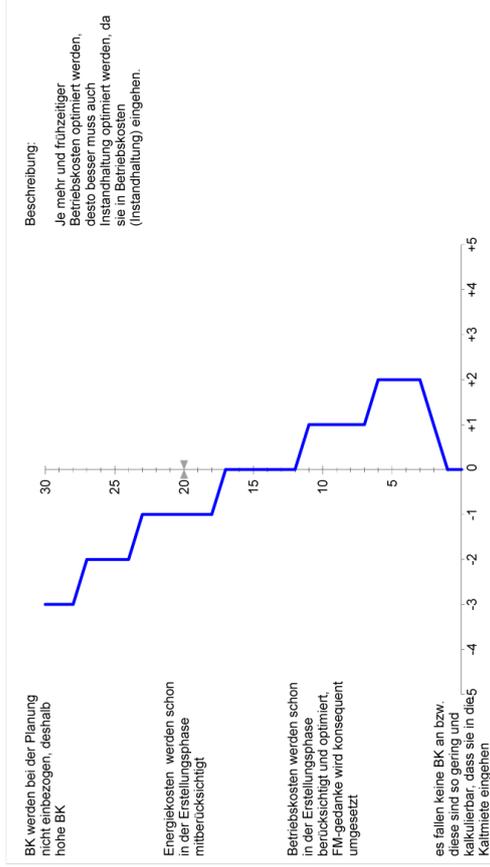
**Wirkung von E "Funktionierenintegr. Planung" auf B "Höhe der Betriebskosten":**



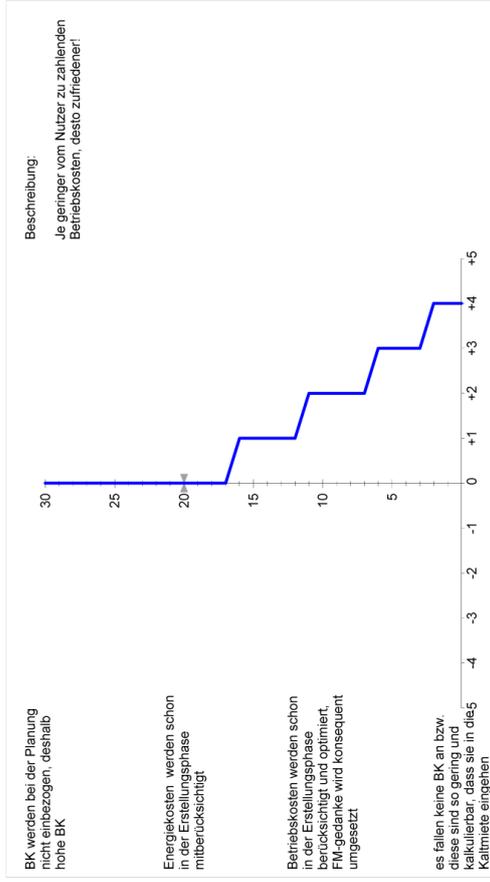
**Wirkung von A "Höhe der Erstellungskosten" auf C "Optimierung Instandhaltung":**



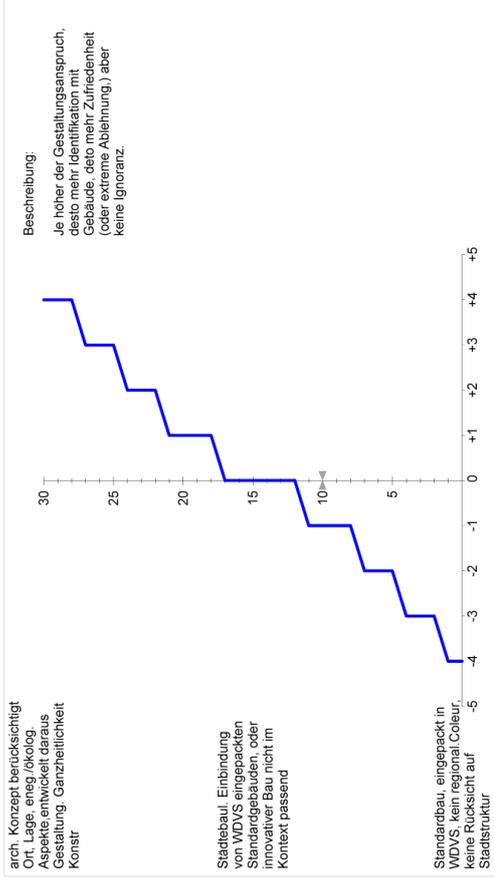
**Wirkung von B "Höhe der Betriebskosten" auf C "Optimierung Instandhaltung":**



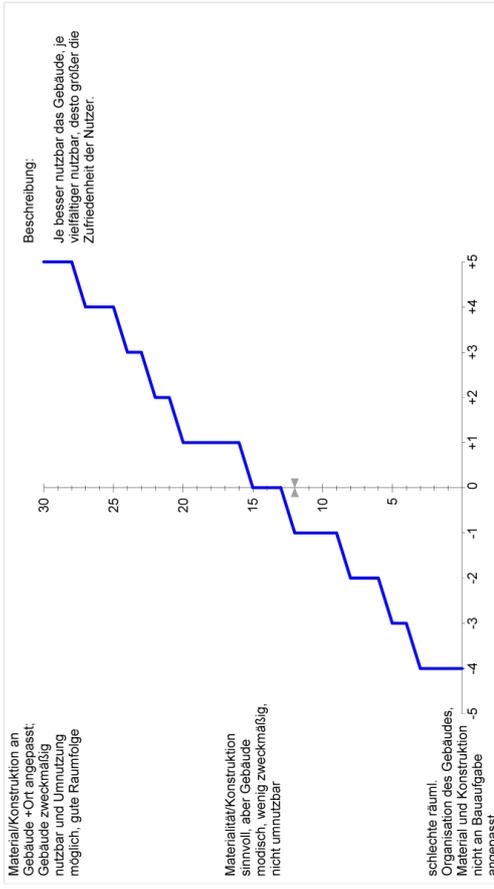
**Wirkung von B "Höhe der Betriebskosten" auf D "Maß der Zufriedenheit":**



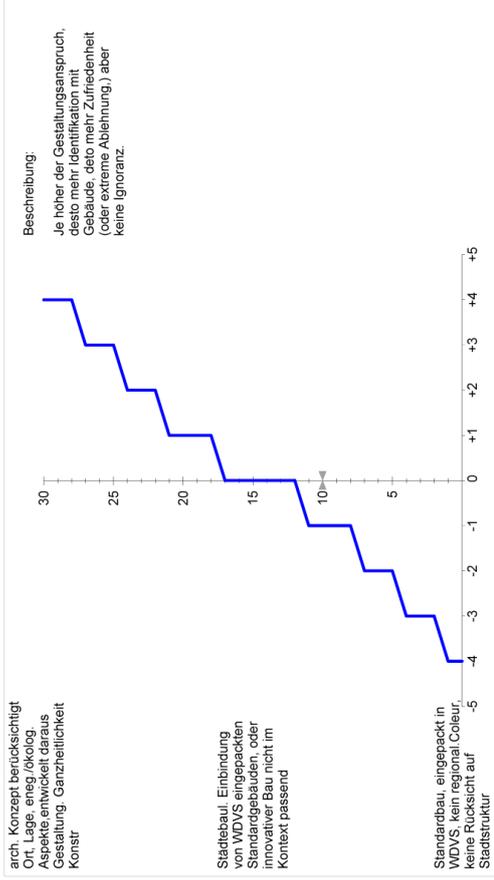
**Wirkung von I "Durchdachtheit" Gestaltung" auf D "Maß der Zufriedenheit":**



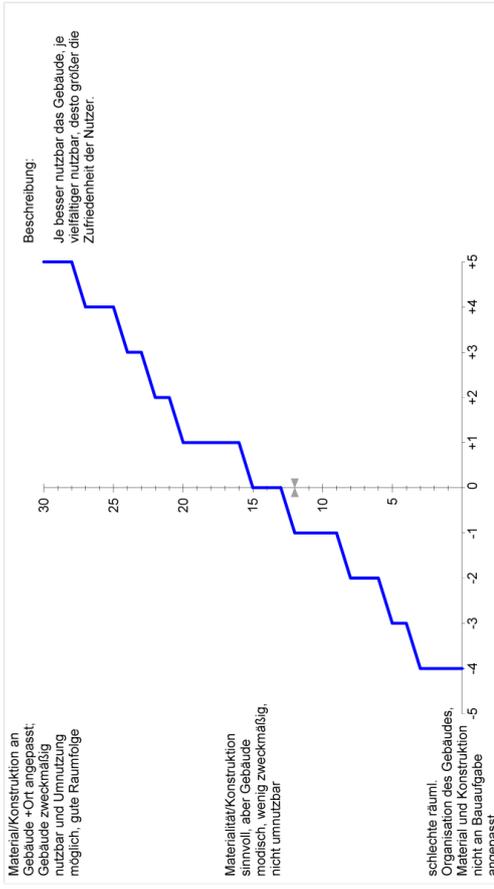
**Wirkung von J "Durchdachtheit" Funktionalität" auf D "Maß der Zufriedenheit":**



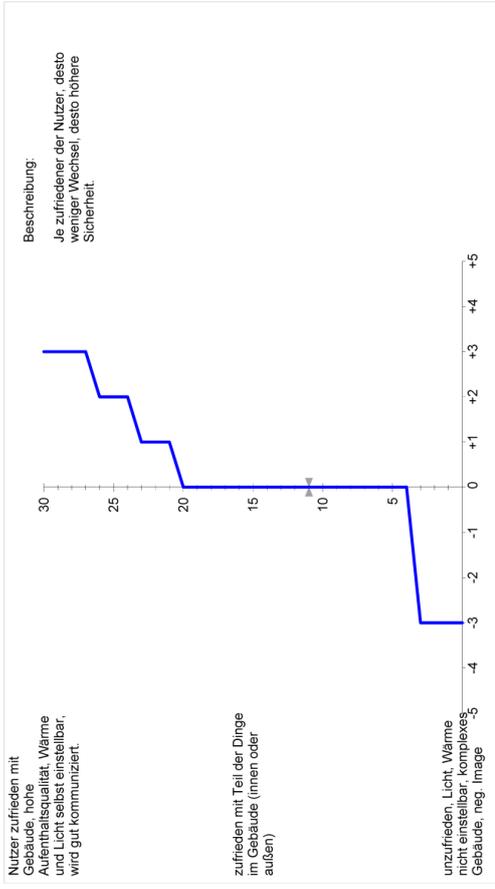
**Wirkung von F "Entscheidungswille Bauherr" auf E "Funktionalinteg.Planning":**



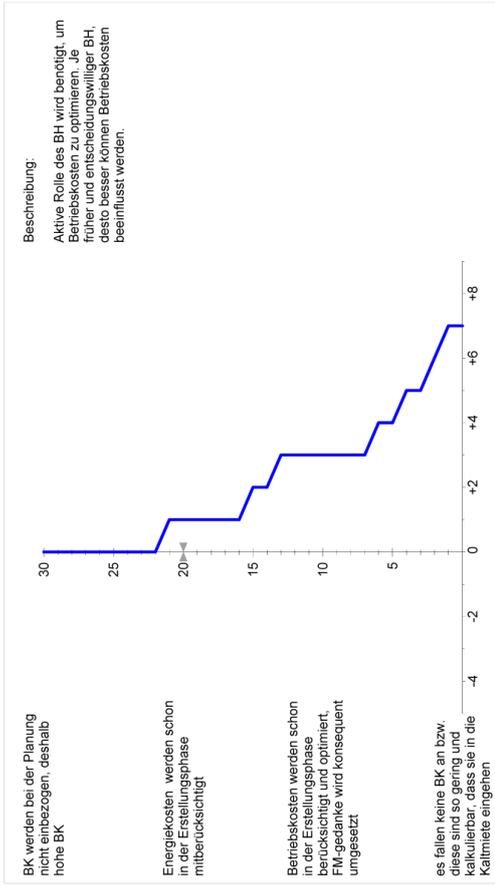
**Wirkung von H "Durchg. Informationsweitergabe" auf E "Funktionalinteg.Planning":**



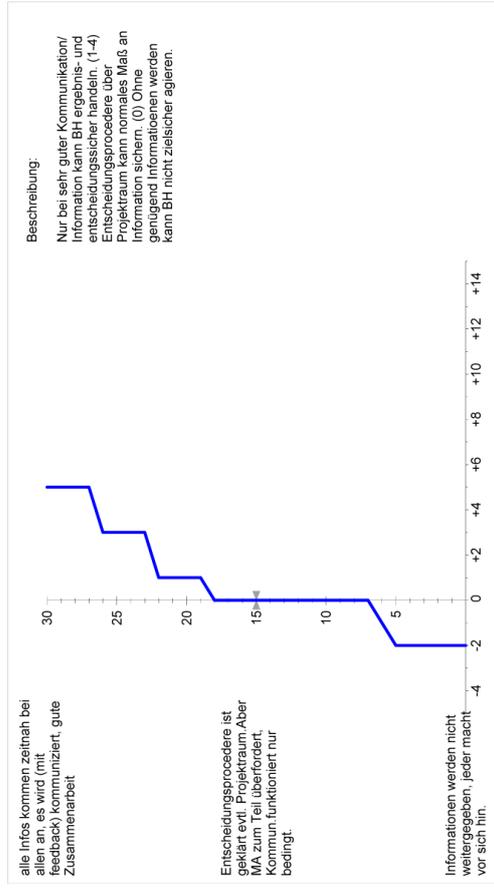
**Wirkung von D "Maß der Zufriedenheit" auf F "Entscheidungswille Bauherr":**



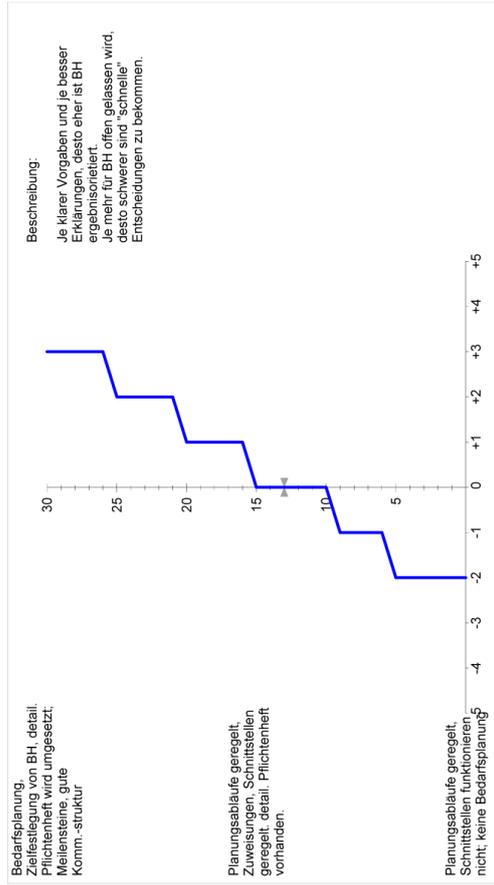
**Wirkung von B "Höhe der Betriebskosten" auf F "Entscheidungswille Bauherr":**



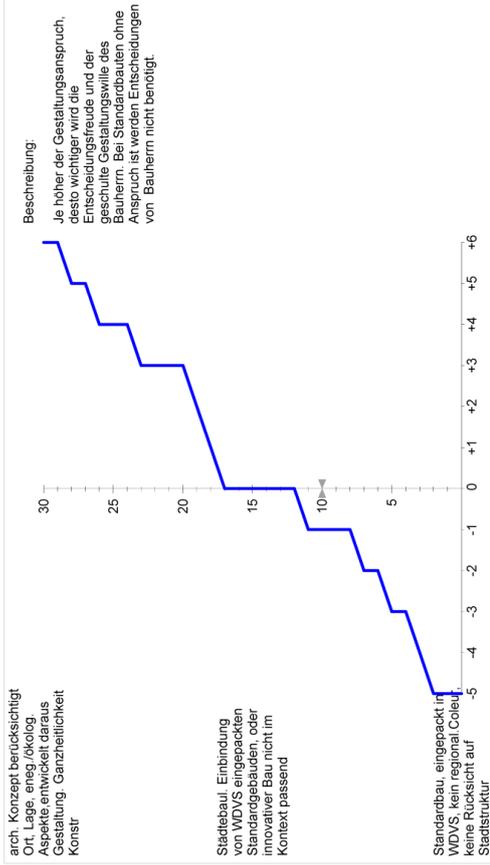
**Wirkung von H "Durchg. Informationsweitergabe" auf F "Entscheidungswille Bauherr":**



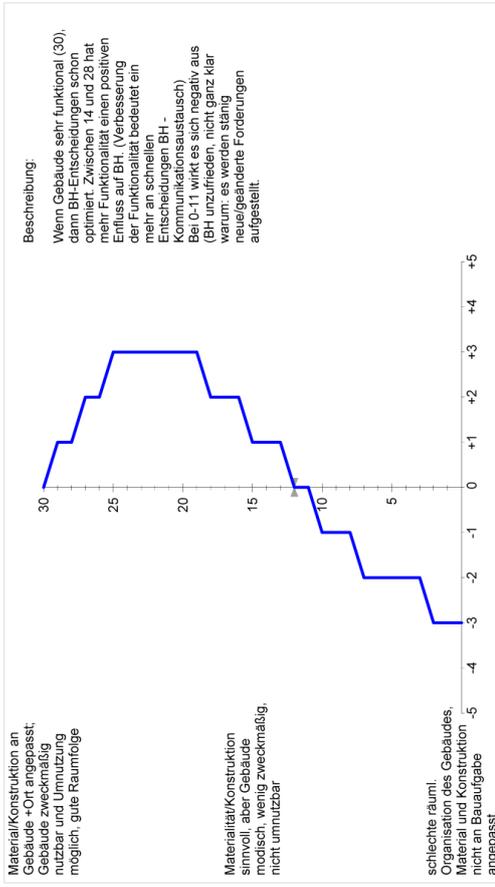
**Wirkung von E "Funktionierenintegr. Planung" auf F "Entscheidungswille Bauherr":**



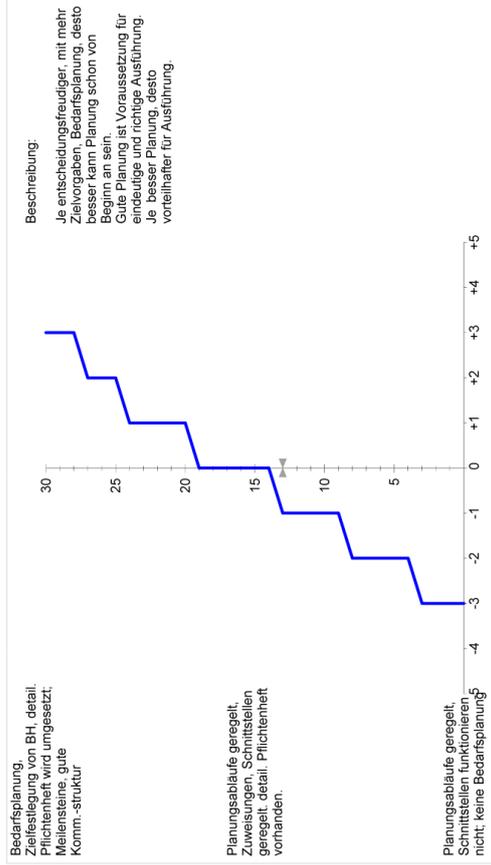
**Wirkung von I "Durchdachtheit" Gestaltung" auf F "Entscheidungswille Bauherr":**



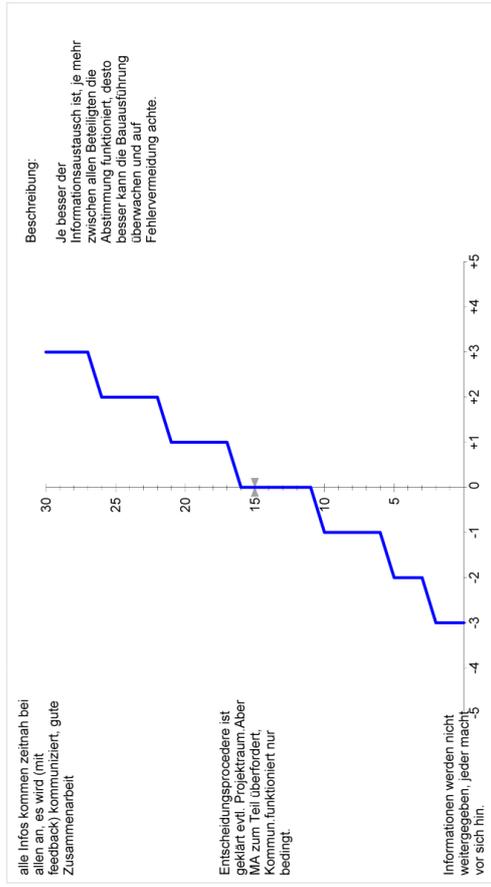
**Wirkung von J "Durchdachtheit" Funktionalität" auf F "Entscheidungswille Bauherr":**



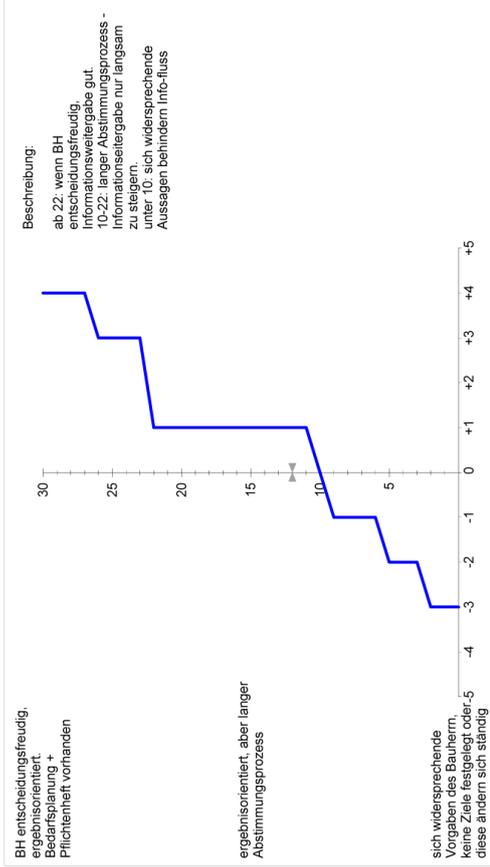
**Wirkung von E "Funktionierenintegr.Planning" auf G "Überwachung der Ausführung":**



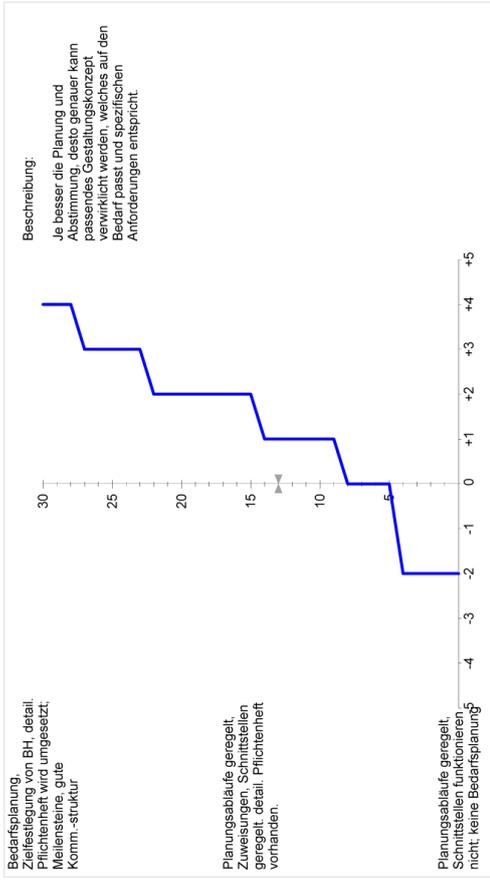
**Wirkung von H "Durchg. Informationsweitergabe" auf G "Überwachung der Ausführung":**



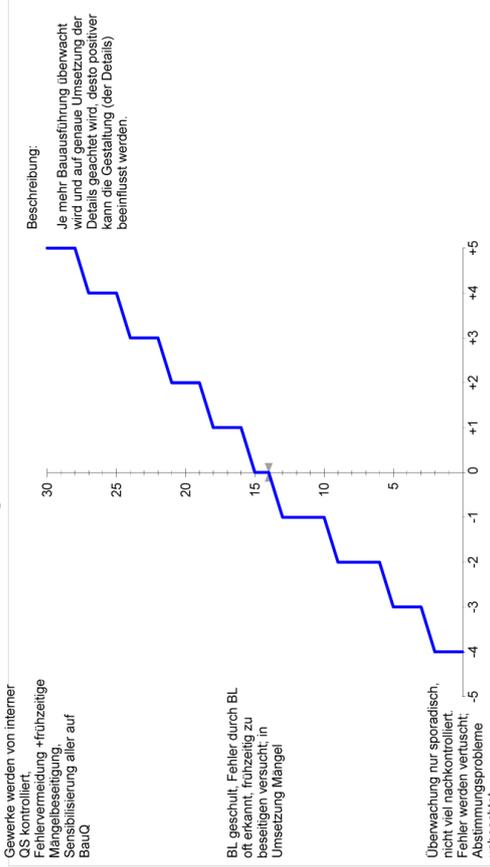
**Wirkung von F "Entscheidungswille Bauherr" auf H "Durchg. Informationsweitergabe":**



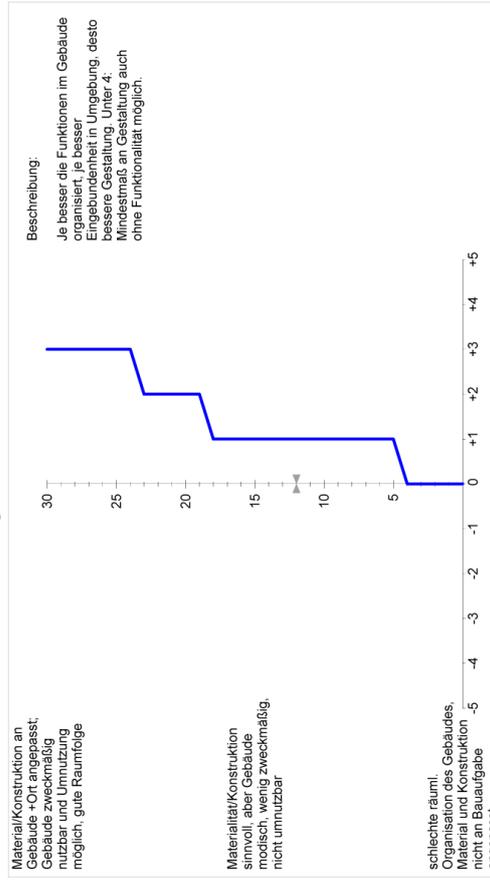
**Wirkung von E "Funktionierenintegr.Planning" auf I "Durchdachtheit" Gestaltung":**



**Wirkung von G "Überwachung der Ausführung" auf I "Durchdachtheit" Gestaltung":**



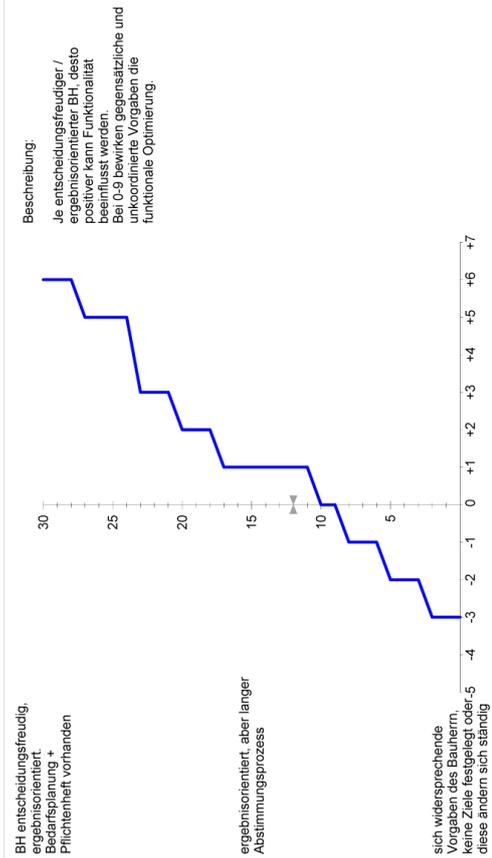
**Wirkung von J "Durchdachtheit" Funktionalität" auf I "Durchdachtheit" Gestaltung":**



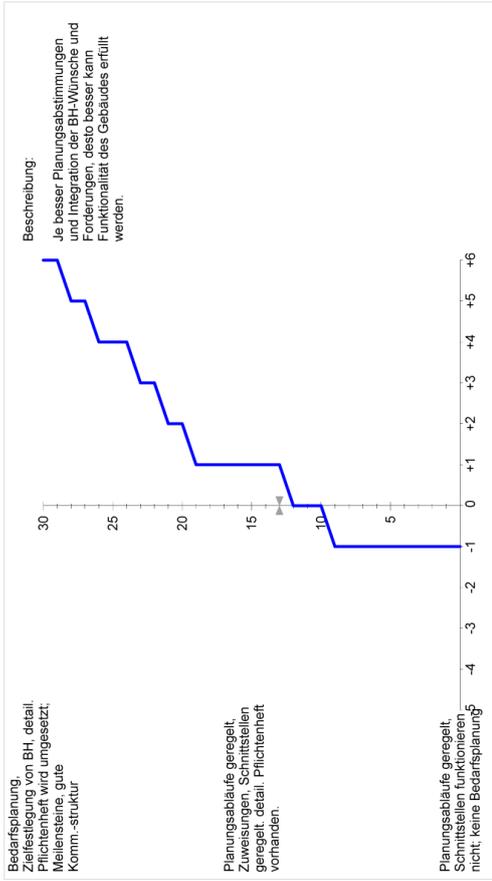
11.  
Anhang

11.2  
Funktionen der Wirkungen im Teilszenario  
Verhalten Bauherr

Wirkung von F "Entscheidungswille Bauherr"  
auf J ""Durchdachtheit" Funktionalität":



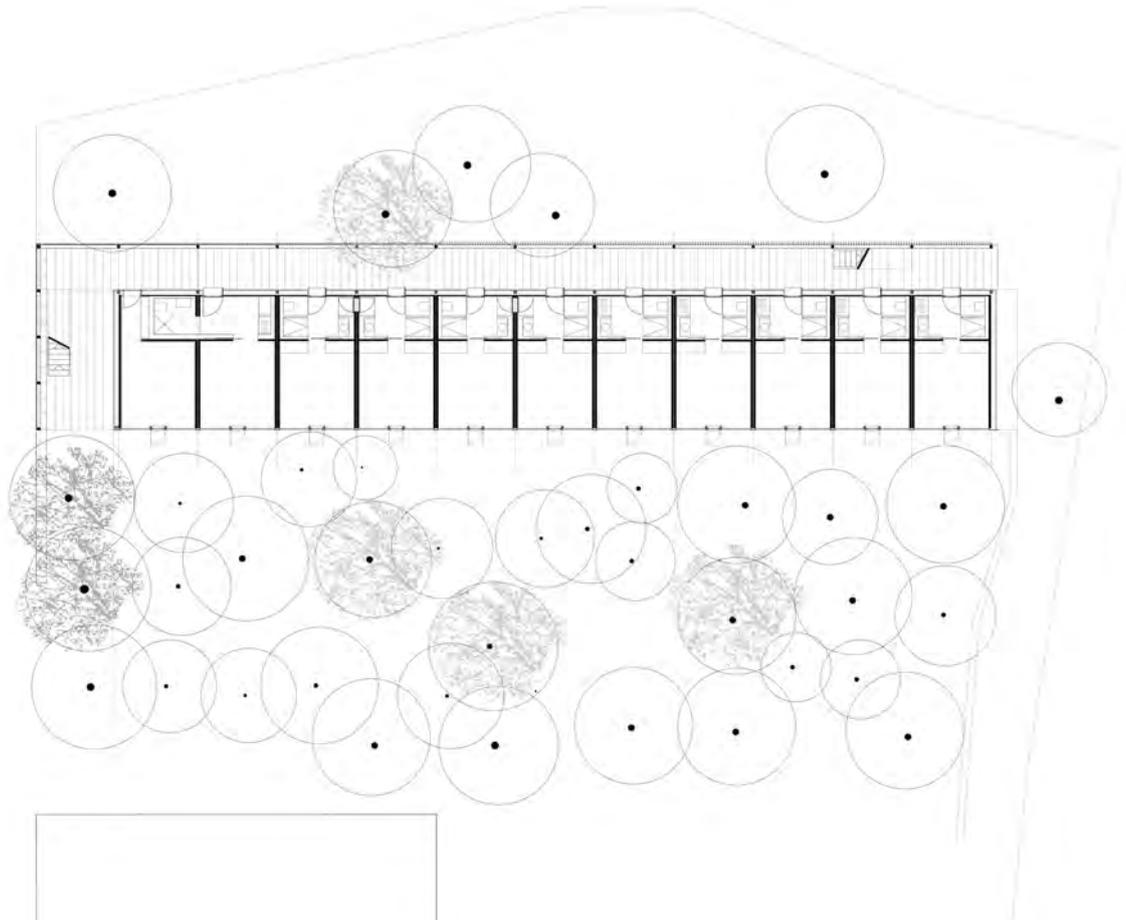
Wirkung von E "Funktionalerintegr.Planning"  
auf J ""Durchdachtheit" Funktionalität":



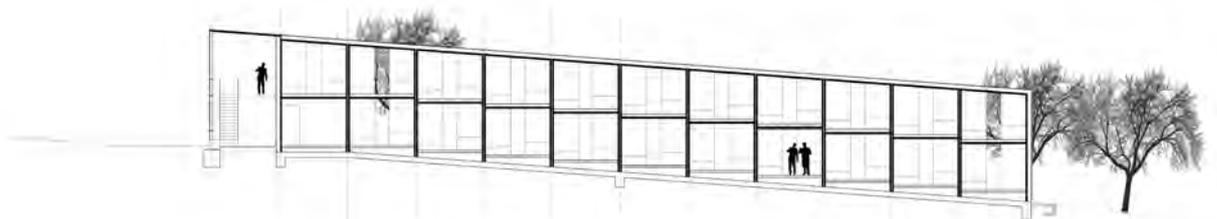
	Name	Ort	Bauherr	Nutzung / Beschreibung	Architekt	Fertig- stellung	Auszeichnungen	NGF	Heizwärme- bedarf	Energiekonzept	Haus- technik	Haupt- materialien	Besonderes
	Hotel im Apfelgarten	Hohenbercha, D	A. Hörger	Hotel mit 21 Zimmern und dem Anspruch des Bauherrn umweltverträglich, regional, ökologisch und mit naturnahen Materialien zu bauen; gelegen in der Mitte eines kleinen Dorfes in ca. 30 km Entfernung von München und dem Flughafen.	Deppisch Architekten	2006	- BDA-Preis 2010 Bayern - Contractworld. award 2010 - Deutscher Holzbaupreis 2008, Anerkennung - Gestaltungspreis der Wüstenrotstiftung 2008 - Hypo Real Estate Architekturpreis 2008 - Wessobrunner Architekturpreis 2008	590 m <sup>2</sup>	54,7 kWh/m <sup>2</sup> a	kompakter Baukörper, wenig Haustechnik Anschluss an örtliches Biomassekraftwerk Warmwasser über die Abwärme der Küchentechnik vom Gasthof, Strombedarf wird über die Photovoltaikanlage am Dach gedeckt	Bedienerfreundliche Haustechnik, jedes Zimmer mit Zu-/ Abluft, keine Kühlung, keine Wärmerückgewinnung	Massivholzplatten, Photovoltaikdachabdichtung	Neuartige, energieeffiziente Lösung eines Hotelbaus mit minimaler Haustechnik
	Patchworkhaus	Müllheim, D	Dr. C. Daubenberg	Zweifamilienhaus mit der Vorgabe der Bauherrin, dass zwei Parteien unter einem Dach leben können und unabhängige Bereiche haben; gelegen in einem Neubaugebiet am Rande des Ortes.	pfeifer.kuhn.architekten	2005	- BDA -Auszeichnung guter Bauten 2005 - Gestaltungspreis der Wüstenrotstiftung 2008, Anerkennung	300 m <sup>2</sup>	35 kWh/m <sup>2</sup> a	Kompakter Baukörper, Ausnutzung passive Strategien im Bereich Energie: Nutzung des solaren Angebotes durch Energiegarten, Luftkollektorfassade, unterstützend Fernwärmeanschluss	Ventilator drückt im Energiegarten (im Winter) warme Luft durch Kamin nach unten, im Sommer große Lüftungsöffnungen	Leichtbeton, Massivholzwand Polycarbonatplatten	durch Konstruktion und Ausrichtung des Hauses Nutzung der solaren Einträge
	Mehrfamilienhaus	Zürich, CH	A. Hess, A. Maier	Mehrfamilienhaus: fünf Wohnungen, ein Büro, und Tiefgarage. Bau eines energieeffizienten, schadstoffarmen Hauses unter Ausnutzung des baulich Zulässigen bei geringem Budget; gelegen in der Stadt mit guter Infrastruktur in der Umgebung.	MaierHess Architekten	2008	- Erster Bau eines Mehrfamilienhauses in Dämmbeton - Ausstellungsbeitrag: Bauen für die 2000W-Gesellschaft, Zürich, 2009	1414 m <sup>2</sup>	32,8 kWh/m <sup>2</sup> a	Kompakter Baukörper mit 45 cm Dämmbetonhülle und Zwei/Dreifachverglasung, Lüftungsanlage	kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung, Luftwärmepumpe	Dämmbeton (Misapor)	Verwendung von neuartigem Material, einfacher Konstruktionschichtenaufbau
	Gemeindezentrum	Ludesch, A	Gemeinde Ludesch	Gemeinde- und Kommunikationszentrum als neues Ortszentrum mit verschiedenen öffentlichen Nutzungen. Es sollte als ökologisches Musterprojekt gebaut werden; vorab mit einem Bürgerbeteiligungsprozess; gelegen in der Ortsmitte.	Hermann Kaufmann ZT	2005	- Staatspreis für Architektur und Nachhaltigkeit (Kategorie Neubau) 2006 - österreichischer Solarpreis 2006, - Holzbaupreis Vorarlberg, 2007 - Balthasar Neumann Preis, Anerkennung, 2008	3135 m <sup>2</sup>	15 kWh/m <sup>2</sup> a	Dreischeibenverglasung, Dichtigkeit der Gebäudehülle, Lüftungsanlage, Grundwasserpumpe zur Kühlung und Energiegewinnung, Solarthermie auf dem Dach, Photovoltaik-Hochleistungsmodule in der Überdachung des Vorplatzes	Be-/Entlüftung mit Wärmerückgewinnung, in verschiedene Funktionsbereiche unterteilt, (→ kleinere Dimensionierung der Anlage möglich)	Massivholzplatten, Weißtanne in Diagonalschalung, Schafwolle	Entwicklung von konsequent schadstofffreien, ökologischen Konstruktionen

Die in Kapitel 4 angegebenen Baukosten beziehen sich immer auf Kosten der Kostengruppen 300 und 400.

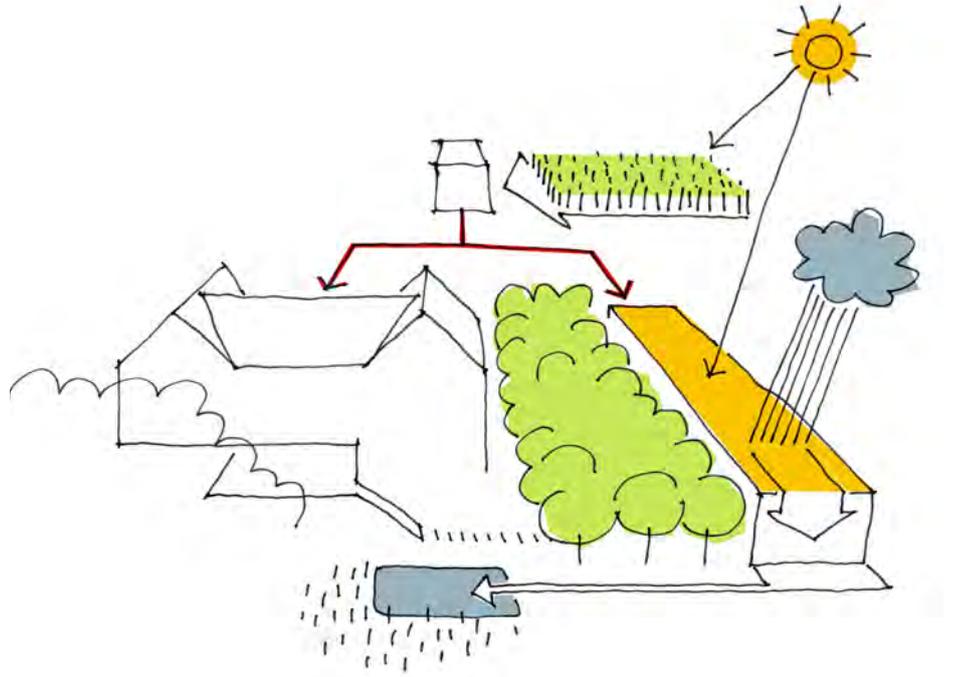
Grundriss Erdgeschoss



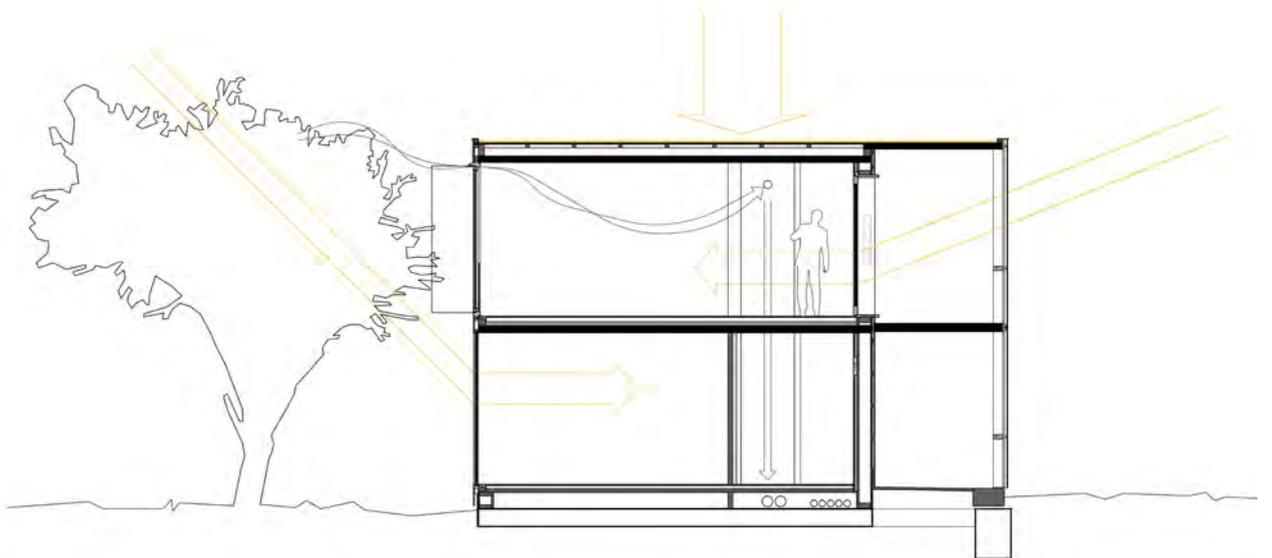
Längsschnitt



Energiekonzept



Detailquerschnitt



11.  
Anhang

11.4.2  
Patchworkhaus, Müllheim

pfeifer roser kuhn architekten (seit 07/2005 pfeifer.kuhn.architekten),  
Freiburg, D

Grundriss Erdgeschoss



Grundriss Ober-  
geschoss



Grundriss Dach-  
geschoss

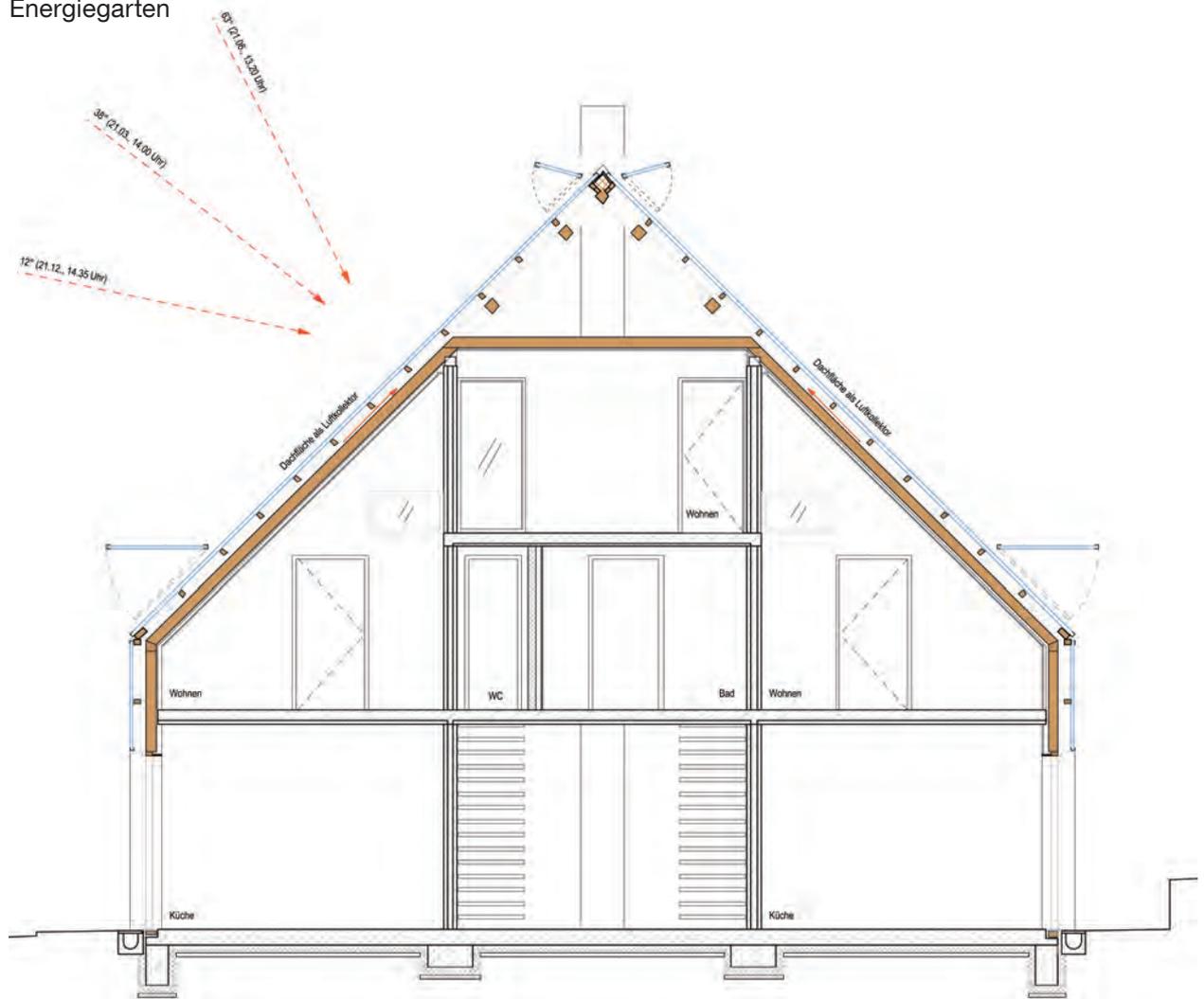


11.  
Anhang

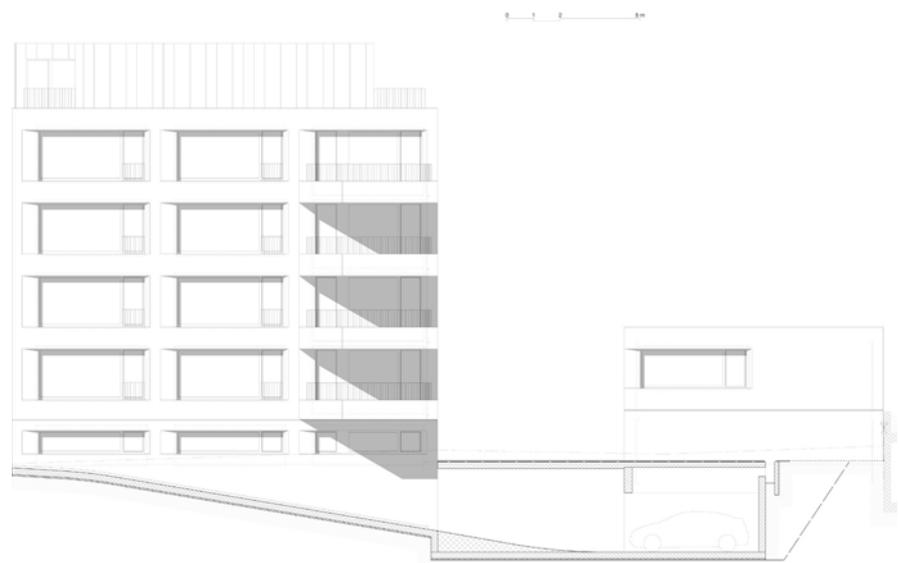
11.4.2  
Patchworkhaus, Müllheim

pfeifer roser kuhn architekten (seit 07/2005 pfeifer.kuhn.architekten),  
Freiburg, D

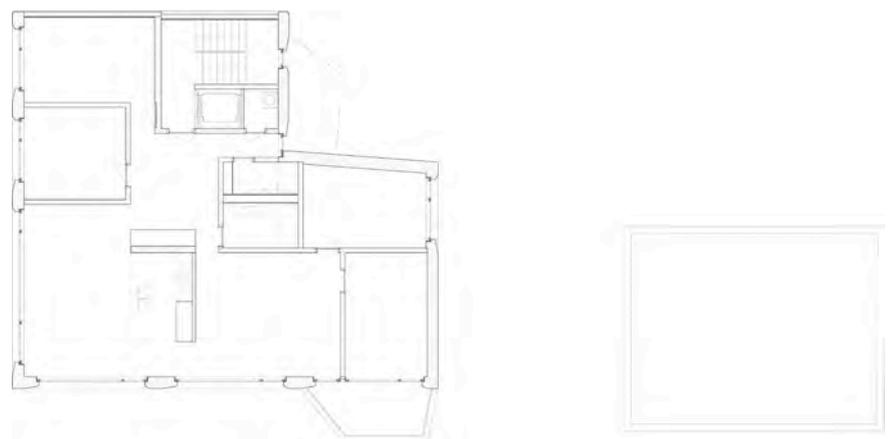
Schnitt durch  
Energiegarten



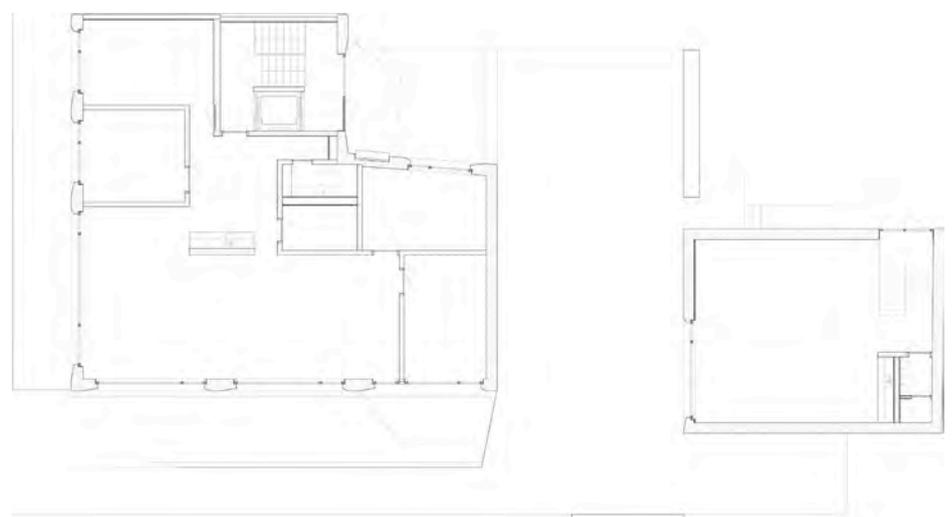
Fassadenansicht



Grundriss  
Obergeschoss



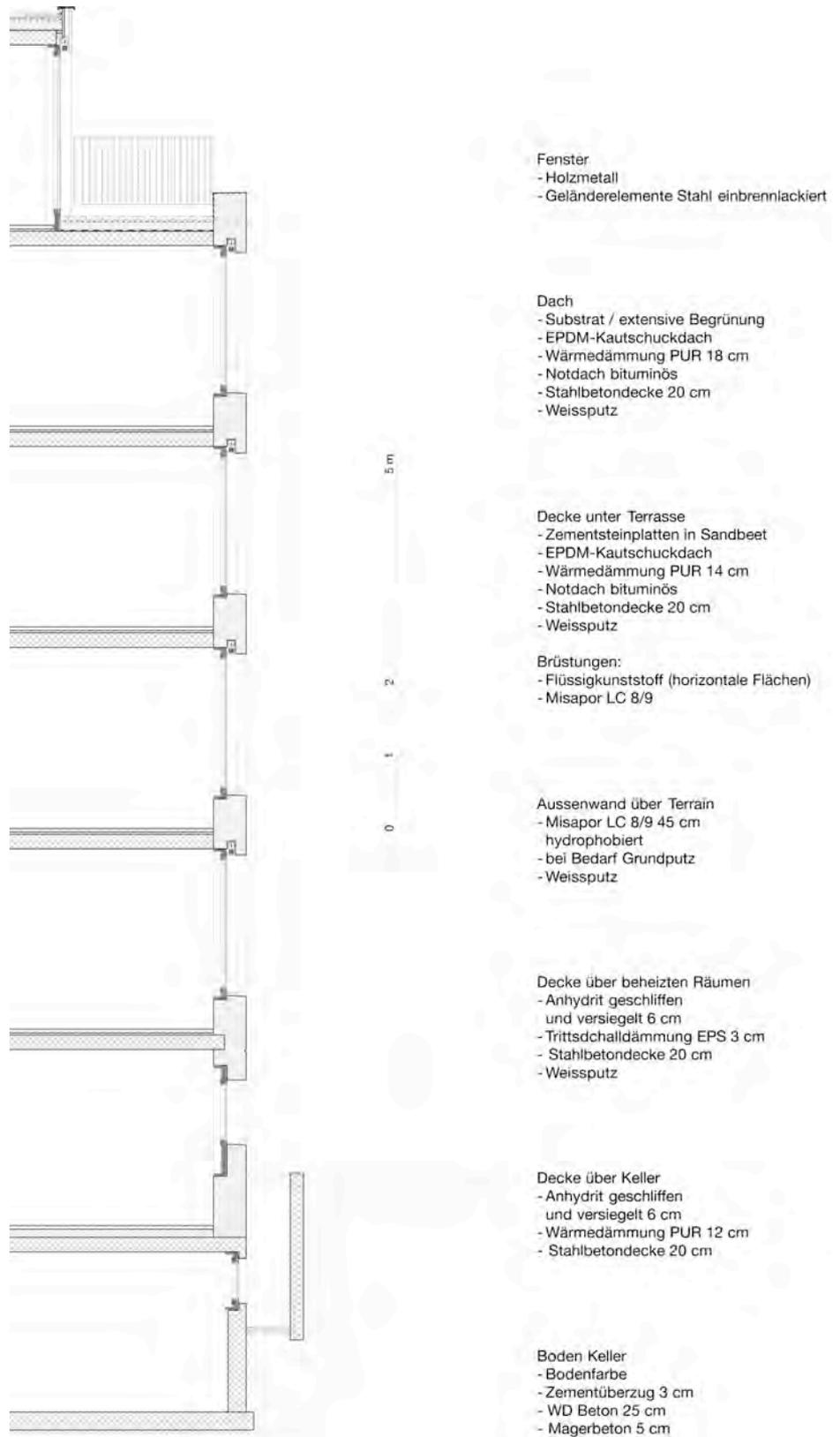
Grundriss Tiefparterre



11.  
Anhang

11.4.3  
Mehrfamilienhaus, Zürich  
Maier Hess Architekten, Zürich, CH

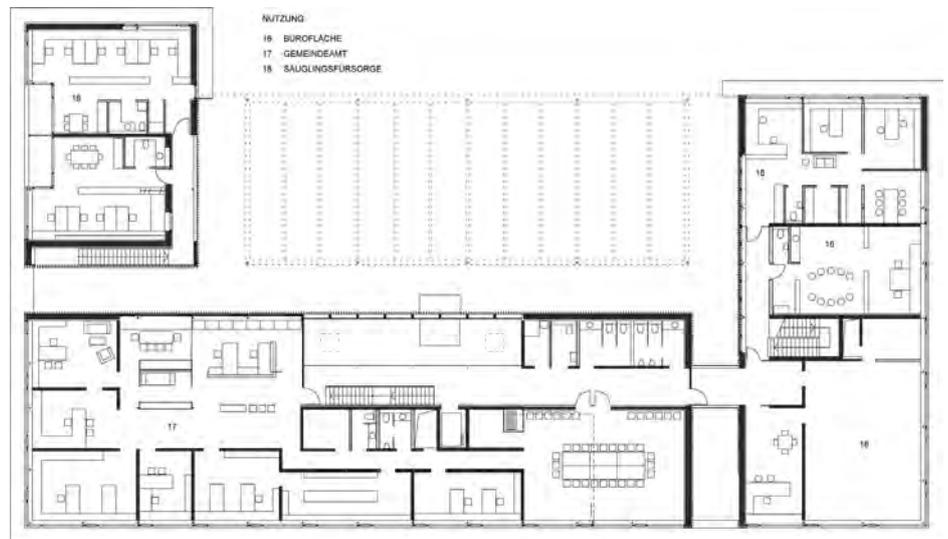
Fassadenschnitt



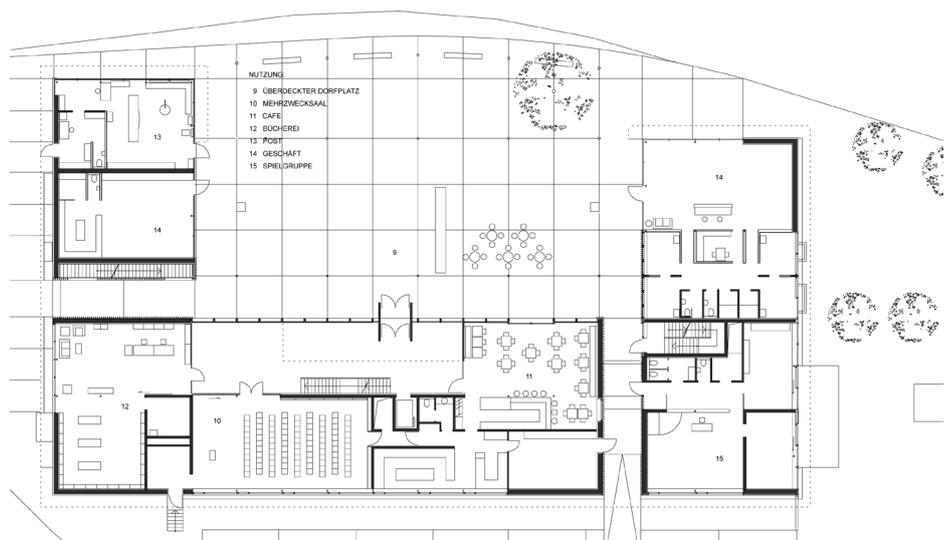
11.  
Anhang

11.4.4  
Gemeindezentrum, Ludesch  
Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH, Schwarzach, A

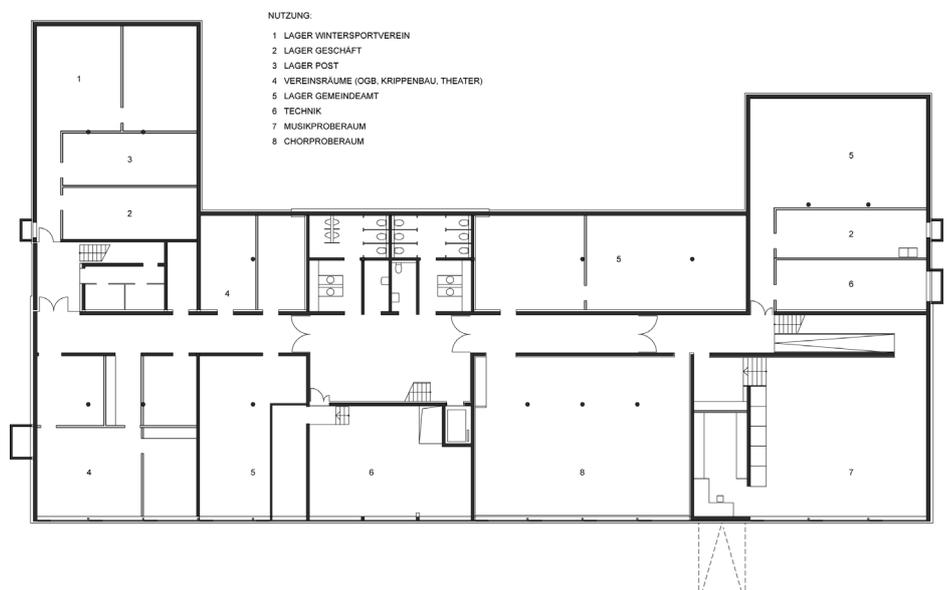
Grundriss Ober-  
geschoss



Grundriss Erdgeschoss



Grundriss Keller-  
geschoss



**11.**  
**Anhang**

**11.4.4**  
**Gemeindezentrum, Ludesch**  
Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH, Schwarzach, A

**Fassadenschnitt**

Bitumenbahn 2.Lage E-KV-5S  
Bitumenbahn 1.Lage E-KV-4  
Randabschluss  
Kupferblech  
K1 Multiplan d=60mm  
Faserrichtung Decklage  
rechtwinklig zur Fassade

Sonnenschutz  
Screen  
Soltis 92-2046  
ohne Kastenabdeckung  
mit Seilführung

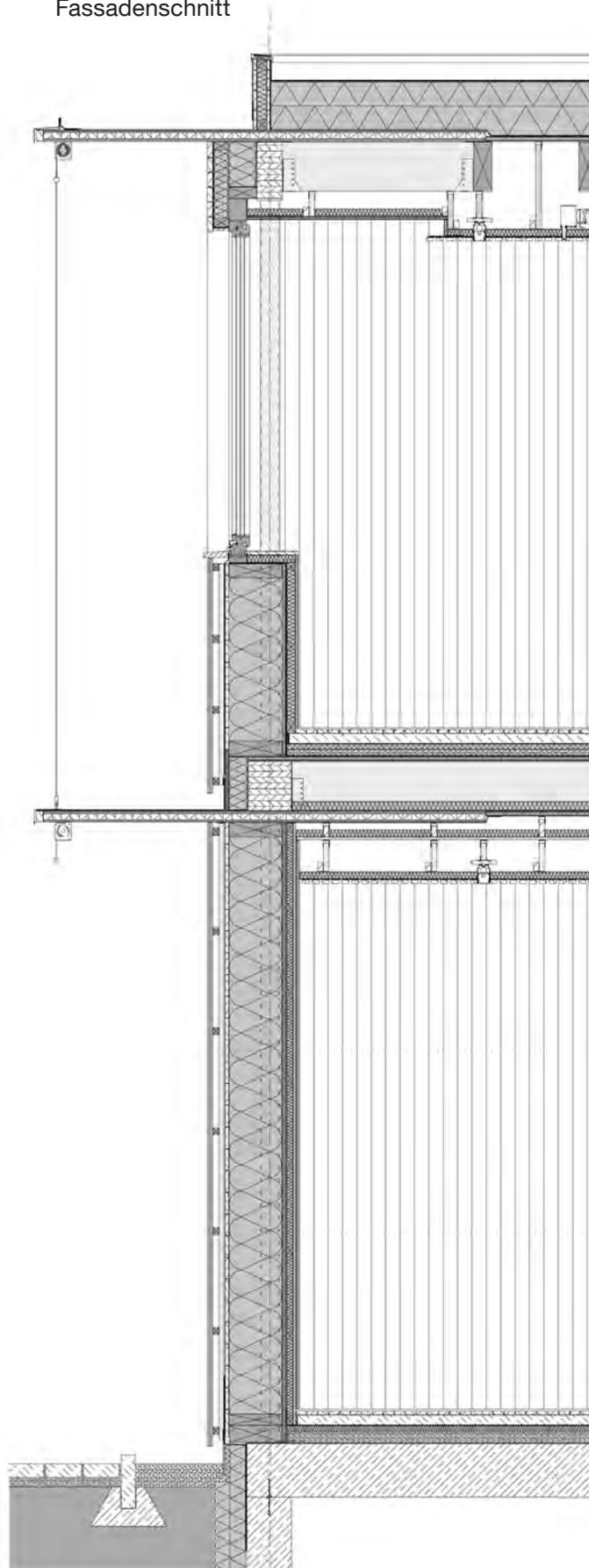
geschlossene vertikale  
Schalung mit N+K  
Weißtanne massiv 60/30mm

Holzfensterbank  
Eiche Natur mit  
Wassernase

Bitumenbahn 2.Lage E-KV-5S  
Bitumenbahn 1.Lage E-KV-4  
Randabschluss  
Kupferblech  
K1 Multiplan d=60mm  
Faserrichtung Decklage  
rechtwinklig zur Fassade

geschlossene vertikale  
Schalung mit K+N  
Weißtanne massiv 60/30mm

18cm XPS-Platte  
Roofmate SL-A



**DACHAUFBAU**  
Bitumenbahn 3.Lage E-KV-5S  
Fa. Dörr, beschiefert  
Mechanische Befestigung zwischen  
2. und 3. Abdichtungsebene  
über Holzbohlen in die tragende  
Balkenlage  
Bitumenbahn 1. und 2. Lage  
E-KV-4 Fa. Dörr  
10,0cm Gefälledämmung Flapor EPS W20  
20,0cm Steinwollplatten 2 x 100mm  
Rockwool Durock  
Dampfsperre E-AL-40-K Fa. Dörr  
Bitumenvoranstrich  
2,7cm K1multiplan / 3S-Platte  
28,0cm Balkenlage S10  
28,0cm Abgehängte Decke bestehend aus:  
Abhängekonstruktion Holz  
Hohlraumdämmung  
Schafwolle 50mm  
Schwarzes Vlies  
Weisstanne-Latte 40/20mm, natur

**BRÜSTUNGSELEMENT**  
2,0 cm Massivholzverkleidung Weißtanne  
5,0 cm Holzlattung (Installationsebene)  
Dämmung Schafwolle 5cm,  
Dampfbremse  
1,9 cm 3S-Platte (E0) Fichte  
30,0 cm Ständerkonstruktion S10, 40/300mm  
dazw. Wärmedämmung Isozell 300mm  
1,8 cm Rohe Schalung Fichte, Windpapier  
Tyvek  
4,0 cm Lattung / Hinterlüftung  
3,0 cm Vertikalschalung Nut+Kamm  
Weißtanne massiv 60/30mm

**FUSSBODEN**  
2,2 cm Industrieparkett Eiche geölt  
5,8 cm Zementestrich auf PE-Folie  
3,0 cm Trittschalldämmung Ursal-Trittschalldämmplatten  
4,0 cm gebundene Perlite-Schüttung  
Thermo-Fill  
33,2 cm Holzmultibox: K1multiplan  
D=26mm c/c, keilgezinkt  
Rippen BS 11  
K1multiplan D=26mm c/c, keilgezinkt  
dazw. Hohlraumdämmung  
Schafwolle 40mm  
10,0 cm Abhängekonstruktion inkl. Decken-  
profil auf Schwingbügel  
Dämmung Schafwolle 40mm  
1,5 cm GK-Feuerschutzplatte  
27,8 cm Abgehängte Decke bestehend aus:  
Abhängekonstruktion Holz  
Hohlraumdämmung Schafwolle 50mm  
Schwarzes Vlies  
Weißtanne-Latten 40/20 mm, natur

**AUSSENWANDAUFBAU**  
2,0 cm Massivholzverkleidung Weisstanne  
1,25cm GK-Bauplatte  
4,25cm Holzlattung (Installationsebene)  
Dämmung Schafwolle 50 mm  
Dampfbremse Öko Natur Isozell  
1,9 cm 3S-Platte (E0), Fichte  
30,0 cm Ständerkonstruktion S10; 40/300mm  
dazw. Wärmedämmung Isozell 300mm  
1,8 cm Rohe Schalung, Fichte  
Windpapier TYVEK  
4,0 cm Lattung, Hinterlüftung  
3,0 cm Vertikalschalung, Nut + Kamm  
Weißtanne massiv 60/30mm

**STAHLSTÜTZE**  
108/10mm S235

**FUSSBODEN**  
2,2 cm Industrieparkett Eiche geölt  
5,8 cm Zementestrich  
0,3 cm Dampfbremse Suvocap 1000  
3,0 cm Trittschalldämmung - URSA  
Trittschalldämmung  
7,0 cm Wärmedämmung Flapor EPS 25 B1  
30,0 cm Stahlbetondecke