Strukturelle und dynamische Modellierung von Gebäudebeständen

Zur Erlangung des akademischen
Grades eines

Doktor - Ingenieurs

von der Fakultät für Architektur
der Universität Karlsruhe (TH)
genehmigte

Dissertation

von:
Dipl. Ing. Bärbel Schwaiger
Architektin und Stadtplanerin
aus Darmstadt

Tag der mündlichen Prüfung: 20.11.02

Referent: Professor Dr. sc. techn. Niklaus Kohler
Korreferent: Professor Dr. Ing. Thomas Lützkendorf

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 1

1 Einleitung 3

1.1 Ausgangslage 3

1.2 Zielsetzung 13

1.2.1 Untersuchungsgegenstand 14

1.2.2 Untersuchungsschwerpunkt 17

1.3 Aufbau der Arbeit 19

2 Systeme und Modelle 21

2.1 Systeme 21

2.1.1 Systemgrenzen 23

2.1.2 Elemente 26

2.1.3 Relationen 27

2.1.4 Funktionen 28

2.1.5 Dynamik 28

2.2 Modelle 29

2.2.1 Modellansätze 31

2.2.2 Modellbildung 32

2.3 Von der Systemanalyse zur Modellbildung 33

3 Systemanalyse 35

3.1 System Gebäudebestand 35

3.1.1 Systemkomponenten 36

3.1.2 Bestandsdynamik 38

3.2 Subsystem Gebäude 40

3.2.1 Systemgrenzen der Gebäude 40

3.2.2 Funktion der Gebäude 44

3.2.3 Elemente und Relationen der Gebäude 45

3.2.4 Gebäudedynamik 46
3.2.4.1 Alterung 47
3.2.4.2 Bauprozesse 49
3.2.4.3 Strukturelle Hierarchie 54

3.2.5 Funktionale Systemanalyse - Betriebsprozesse 56
3.2.5.1 Stofflager und Stoffffluß 58
3.2.5.2 Energieträger und Wasser 60
3.2.5.3 Finanzmittel 61

3.3 Externe Systemparameter 62

3.3.1 Gebäudebewirtschaftung: Verwaltung oder Management? 63

3.3.2 Akteure 67

3.3.3 Einflußfaktoren 67

3.3.4 Ziele und Strategien 69
3.3.4.1 Management für Gebäudebestände 72
3.3.4.2 Entscheidung auf Gebäudeebene 73

4 Modellierung 75

4.1 Modellansätze 76

4.1.1 Typologischer Modellansatz 76

4.1.2 Modularer Modellansatz 78

4.1.2.1 Grundlagen 78
4.1.2.2 Modellidee für die Bestandsmodellierung 80

4.2 Modellierung von Gebäuden 82

4.2.1 Statische Gebäudemodellierung 83
4.2.1.1 Stoffliche Gebäudemodellierung 84
4.2.1.2 Räumliche Gebäudemodellierung 88
4.2.1.3 Semantische Gebäudemodellierung 89

4.2.2 Dynamische Gebäudemodellierung 90

4.2.3 Umfang der Gebäudemodellierung 94

4.3 Modellierung von Gebäudebeständen 96

4.3.1 Bestandsanalyse 96
4.3.1.1 Reale Teilbestände auf Ebene Gebäude 97
4.3.1.2 Abstrakte Teilbestände auf Ebene „Element“ 100

4.3.2 Statische Bestandsmodellierung 101
4.3.2.1 Bildung von Kennwerten 101
4.3.2.2 Auswahl der Referenzgebäude 103

4.3.3 Dynamische Bestandsmodellierung 105
4.3.3.1 Alterung von realen Teilbeständen 105
4.3.3.2 Alterung von abstrakten Teilbeständen 109
4.3.3.3 Szenarien 110

5 Datenquellen und Datenbank 111

5.1 Datenquellen 112

5.1.1 Amtliche Statistik 112

5.1.2 Liegenschaftskataster 114
5.1.2.1 Automatisiertes Liegenschaftsbuch - ALB 114
5.1.2.2 Automatisierte Liegenschaftskarte - ALK 116

5.1.3 Flächennutzungsplan 117

5.1.4 Bebauungsplan 118

5.1.5 Akten der Feuerversicherung 119

5.1.6 Bauanträge und Bauakten 120

5.1.7 Sonstige ... 121

5.2 Datenbank ... 122

5.2.1 Datenbankstruktur ... 122
5.2.1.1 Semantische Modellierung ... 124
5.2.1.2 Räumliche Modellierung ... 124
5.2.1.3 Stoffliche Modellierung ... 125
5.2.1.4 Historisch dokumentierte Gebäude ... 126
5.2.1.5 Nutzung - Unterhalt ... 126

5.2.2 Definitionen ... 126
5.2.2.1 Einheiten ... 127
5.2.2.2 Klassifizierung ... 131

5.2.3 Datenerhebung ... 134
5.2.3.1 Überlagerung vieler Datenquellen eines Bestands ... 135
5.2.3.2 Gleichartige Datenquellen auf Teilbestandsebene ... 138

5.3 Einsatz von Geoinformationssystemen ... 139

6 Beispiele ... 143

6.1 Vergleich von Teilbeständen ... 144

6.1.1 Analyse ALB Daten: Nutzungsstruktur Gebäude ... 145

6.1.2 Analyse ALK: Nutzungsstruktur Flurstücke ... 151

6.2 Bestandsanalyse durch verschiedene Datenquellen ... 157

6.2.1 Stichproben ... 158
6.2.1.1 Ergebnisse der Stichprobe „Wohngebäude“ ... 159
6.2.1.2 Ergebnisse der Stichprobe „Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude“ ... 166
6.2.1.3 Vergleich beider Stichproben ... 169

6.2.2 Analyse ALK / B-Plan: Alters- Nutzungsstruktur ... 170
6.2.2.1 BF Wohngebäude nach Größenklassen ... 173

6.2.3 Altersklassen aufgrund von Baugebieten ... 175

6.2.4 Teilbestand: Wohnungsbaugesellschaften ... 182

6.3 Externe Daten: Einwohner ... 186

6.4 Dynamische Bestandsanalyse 188

6.4.1 Ergebnisse aus der Wohnungsstichprobe 188

6.4.2 Ergebnisse aus den Bauakten 193

7 Resümee und Ausblick 197

Abkürzungsverzeichnis 201

Glossar 205

Literaturverzeichnis 211

Abbildungsverzeichnis 223

Tabellenverzeichnis 231

Anhang 1: Definitionen 235

Anhang 2: Datenbankdokumentation 243

Anhang 3: Datenanalyse 277

Vorwort

Diese Arbeit entstand überwiegend im Anschluß an meine Tätigkeit am Institut für Industrielle Bauproduktion an der Universität Karlsruhe. Inhaltlich steht sie in einem engen Bezug zu den Forschungsprojekten, die ich während meiner wissenschaftlichen Tätigkeit dort bearbeitet habe.
Prof. Kohler möchte ich recht herzlich für seine Unterstützung und die Diskussionen danken - er gab auch den Anstoß zu dieser Arbeit. Auch seine Bereitschaft, mir über meine Tätigkeit am Institut hinaus dort noch einen Arbeitsplatz zur Verfügung zu stellen, hat mir sehr geholfen. Prof. Lützkendorf danke ich für die Übernahme des Korreferats und den aus sorgfältigem Korrekturlesen entstandenen wertvollen Anregungen.

All meinen Kollegen am ifib möchte ich für anregende Diskussionen und tonnenweise gelieferten Gummibärchen danken. Besonderer Dank gilt Katja und Kevin für die Unterstützung im letzten Forschungsprojekt. Sie haben sich mit Engagement und Geduld stapelweise durch staubige Akten und endlose Tabellen gearbeitet, und trotzdem nicht die gute Laune verloren. Damit waren sie entscheidend an der Grundsteinlegung für die Datenanalyse tätig.

Für die Unterstützung bei der Bereitstellung der Daten möchte ich mit bei den Mitarbeitern der Stadtverwaltungen Ettlingen, Kehl, Mühlacker und Bühl bedanken, sowie der Stadtbau Ettlingen, der Alba Wohnungsbaugesellschaft Ettlingen und Herrn Dr. Dieterle von der SV-Versicherung.
Herrn Breustedt von der Firma Softplan möchte ich für die Hilfe bei der Umschiffung der Klippen danken, die der Umgang mit Geoinformationssystemen und Datenbankanbindungen für mich so mit sich brachte.

Außerdem danke ich Harald für die Resistenz, die er bei mehrmaligem Korrekturlesen bewiesen hat und den daraus entstandenen kritischen Anmerkungen. Beate und meinem Vater danke ich dafür, daß sie sich im Namen der Rechtschreibung tapfer durch das Manuskript gekämpft haben.
Allen meinen Freunden danke ich für die Geduld, meine Launen ertragen zu haben und dafür, daß sie mich trotz dauerhafter Vernachlässigung noch kennen.

Karlsruhe, Dezember 2002
Bärbel Schwaiger

1 Einleitung

Das komplexe Beziehungsgeflecht zwischen ökonomischen, ökologischen und sozial - kulturellen Aspekten ist in kaum einem vergleichbaren Bereich so stark ausgeprägt wie in der „gebauten Umwelt". Gebäude und Infrastruktur sind ein wesentlicher Bestandteil unserer Kultur. Sie greifen stark in die Umwelt ein bzw. gestalten und bilden diese. Vor allem in Europa bleibt der Natur, den ursprünglichen, ökologischen Systemen, nur noch ein geringer Raum zwischen den technischen, vom Menschen geschaffenen Systemen Stadt und Kulturlandschaft. Siedlungen, Verkehrsnetze und kultivierte Landschaft bilden den „Kulturraum", den Lebensraum, in der die Aktivitäten unserer Gesellschaft stattfinden. Hier existieren verschiedene Wohn- und Arbeitsformen nebeneinander, die jeweils einen bestimmten sozialen und kulturellen Hintergrund zum Ausdruck bringen und in unterschiedlichen Bau- und Verkehrsstrukturen resultieren. Dies führt zu ständig veränderten Wechselwirkungen zwischen der natürlichen Umwelt und verschiedenen sozialen Bedürfnissen, die ihren Ausdruck in unterschiedlichen kulturellen Lebensstilen finden. Wohnbedürfnisse, technische Entwicklung in Produktion, Konsum, Arbeiten und Freizeitverhalten sind wesentliche Faktoren, die die Gestalt und die Veränderung des gesamten Lebensraumes beeinflussen. Die aus den vorbeschriebenen Bedürfnissen resultierende Veränderung der Gesellschaft spiegelt sich in technischer Hinsicht in der Bautätigkeit wieder.

1.1 Ausgangslage

Bedingt durch die Komplexität und den Umfang des durch Bautätigkeit verursachten Eingriffs in die Natur, stellt die Weiterentwicklung, Um- und

„(...) Neugestaltung dieses zentralen Lebensbereiches nach den Zielvorgaben einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung (...) eine zentrale Herausforderung dar, die auch bei der Generalversammlung der Vereinten Nationen (HABITAT II) eine große Rolle gespielt hat."

[ENQ 98; S. 232]

Strukturwandel

Generell sind es strukturelle, gesellschaftliche und wirtschaftliche Änderungen, die einen stetigen Wandel des Gebäudebestands und der Infra-

struktur nach sich ziehen. Während beispielsweise in Deutschland die Umstrukturierung im Ruhrgebiet durch den Rückgang der Montanindustrie schon weit fortgeschritten ist, erfordern auch in anderen Regionen neue Produktionsverfahren, sowie neue Organisationsformen bestimmter Gewerbe und Dienstleistungszweige immer neue Infrastrukturnetze, Flächen- und Gebäudestrukturen. Neben der produzierenden Industrie, die immer häufiger ins Ausland verlagert wird, sind es heute auch große Flächen von Post und Bahn, sowie die darauf befindlichen Gebäude, für die vor allem innerstädtisch neue Nutzungskonzepte zu entwickeln sind. Große Leerstände in den östlichen Bundesländern stellen eine gänzlich neue Problematik dar - der Umgang mit dem Leerstand wurde in dieser Form noch nie thematisiert und erfordert neue Konzepte und Handlungsstrategien. Inwieweit auch der zunehmende Einsatz neuer Medien einen Einfluß auf die gebaute Umwelt nimmt, ist noch nicht absehbar.

War es bislang überwiegend die Neubautätigkeit, die als wirtschaftlicher und beschäftigungspolitischer Faktor eine besondere Aufmerksamkeit genoß, so rückt - vor allem unter den Aspekten einer nachhaltigen Entwicklung - immer mehr die gebaute Umwelt selbst, d. h. der Gebäudebestand und die Infrastruktur, in den Mittelpunkt des Interesses. In den letzten Jahren ist eine Veränderung der Bautätigkeit zu beobachten. Generell steht einem Rückgang der Neubautätigkeit die Zunahme der Bautätigkeit im Bestand gegenüber; d. h. der Zustand und die Ausnutzung des Gebäudebestandes bestimmt in immer größerem Maße die Bautätigkeit. Die Aufgaben der Zukunft liegen daher überwiegend in der Bewirtschaftung und dem Umbau [HAS 99] des vorhandenen Baubestandes.

Energie- und Stoffströme

Neben der ökonomischen und der sozialen Perspektive (vor allem hinsichtlich der Versorgung mit Wohnraum) wird zunehmend der Aspekt der durch die Bautätigkeit hervorgerufenen Umweltbelastungen fokussiert. War seit den siebziger Jahren vor allem der Energieverbrauch der zentrale Betrachtungspunkt, so werden inzwischen auch die durch die Bauwirtschaft ausgelösten Stoffströme betrachtet. Die gesamte Bauwirtschaft verursacht etwa 40% der durch die deutsche Volkswirtschaft ausgelösten Stoffströme, das sind ca. 750 mio. Tonnen pro Jahr [ENQ 99]. Darüberhinaus werden in Deutschland rund 40% der gesamten Endenergie für private Haushalte verbraucht [STABU] (s. Tab. 1.1: S. 5).

Es zeigt sich, daß aufgrund des hohen Stoff- und Energiebedarfs dem Bausektor hinsichtlich der Minimierung der Rohstoffentnahmen eine wesentliche Bedeutung zukommt. Hier ist jedoch prinzipiell zwischen den

Sektoren Hochbau und Tiefbau zu unterscheiden: Während im Tiefbau überwiegend mineralische Baustoffe eingesetzt werden, ist die Vielfalt im Hochbau ungleich größer.
Untersucht man die Stoffströme genauer, so zeigt sich in der Bauwirtschaft verglichen mit anderen Produktionsbereichen eine spezielle Dynamik. Die Relationen zwischen Input und Output liegen im Hochbau bei verschiedenen Untersuchungen zwischen 2:1 bzw.10:1 [ENQ 99], was dazu führt, daß das „Zwischenlager" Gebäudebestand immer weiter wächst. Eine Studie ermittelt für die Schweiz einen Input von 40 - 75 mio. t /a zu einem Output von 7 - 30 mio. t /a [INFRAS 96].

	1991	1995	1998	1999
	[petajoule]	[petajoule]	[petajoule]	[petajoule]
Alle Wirtschaftsbereiche	10.700,00	10.322,50	10.469,10	9.997,00
Konsum d. privaten Haushalte im Inland	3.767,10	3.945,60	4.084,00	4.227,00
private Haushalte im Inland in Prozent	35%	38%	39%	42%

Tab. 1.1: Energieverbrauch nach Wirtschaftsbereichen im Inland [STABU]

Im Gegensatz zu Produkten in vielen anderen Industriezweigen, die über relativ kurze Lebenszyklen verfügen und oft eine verhältnismäßige „stoffliche Homogenität" aufweisen, zeichnen sich die Stoffströme im Hochbau durch eine große Vielfalt aus. Bedingt durch die unterschiedliche Verweildauer einzelner Stoffe im Bestand unterscheidet sich der Output, was die Zusammensetzung und die Vielfalt anbelangt, wesentlich vom Input.

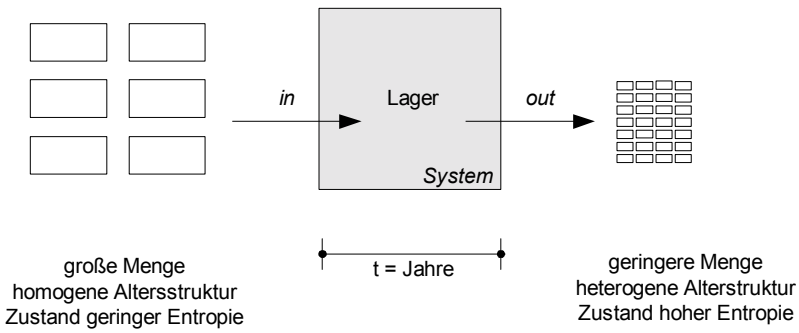


Abb. 1.1: Prinzipielles Verhältnis von In- und Output im Gebäudebestand

Die Zusammensetzung des Abfalls innerhalb eines Jahres ist wesentlich heterogener als die des Inputs für den gleichen Zeitraum. Dies beruht auf den unterschiedlichen Verweilzeiten der einzelnen Stoffe im Bestand sowie der langen Lebensdauer der Bauwerke generell. Das Spektrum reicht von Abfällen, die bei heutiger Bautätigkeit entstehen (Reststoffe, Verpakkungen) bis hin zu Baustoffen, die vor fünfzig oder hundert Jahren ein-

gebaut wurden und heute durch Gebäudeabbrüche, Erneuerungs- und Umbaumaßnahmen wieder in den „Kreislauf" zurückgelangen sollen. Viele Baustoffe, die früher gebräuchlich waren, werden heute gar nicht mehr hergestellt oder eingebaut - dafür jedoch durch eine Vielfalt immer wieder neuer Baustoffe abgelöst. Das bedeutet, daß sich die Zusammensetzung der Gebäude und damit der Materialmix innerhalb des Lagers Gebäudebestand im Laufe der Jahre ständig ändert und damit auch die Zusammensetzung des künftig anfallenden Bauschutts. Durch diese spezielle Dynamik ist die fünfte Novelle des „Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz" [KrW-/AbfG 94], die auf die weitgehende Schließung der Stoffkreisläufe im Baubereich zielt, nur schwer umzusetzen.

Kriterien einer nachhaltigen Entwicklung

Ausgehend von den allgemeinen Zielen, die der Forderung nach einer nachhaltigen Entwicklung voranstehen, sollen zunächst die im Baubereich entstehenden Konflikte aufgezeigt werden, um dann zu der Zieldefinition für die vorliegende Dissertation zu gelangen. Generell sind bei der Zieldefinition einer nachhaltigen Entwicklung drei Dimensionen zu unterscheiden:

- ökologisch
- ökonomisch und
- sozial-kulturell.

Vor allem die Enquete-Kommission des Bundestages hat sich des Themas angenommen und hier für den Baubereich folgende Problemfelder identifiziert.
„Für das Beispielfeld Bauen und Wohnen hat die Enquete-Kommission ein Zieldreieck entworfen, das die ökologische, die ökonomische und die soziale Dimension in einem Leitbild 'Wohnen' zu verknüpfen sucht. Wohnen ist zum einen ein grundlegendes Bedürfnis, die Bauwirtschaft ist ein wichtiger Wirtschaftsfaktor, aber auch die Belastungen der Umwelt - durch Flächen- und Materialverbrauch - sind in diesem Bereich erheblich." [ENQ 98; S. 17] , (s. Abb. 1.2: S. 7)

Hinsichtlich der **ökologischen Dimension** wurde lange Zeit überwiegend die Flächeninanspruchnahme (Zersiedelung) sowie der Energieverbrauch und die Schadstoffe betrachtet. Inzwischen wird, wie bereits erwähnt, auch die Relevanz der ausgelösten Material- und Stoffströme erkannt. Ökobilanzen, wie sie aus anderen Produktionszweigen bekannt sind, ermöglichen auch im Bausektor die ganzheitliche Bewertung der Material- und Stoffströme und der dadurch verursachten Umweltbela-

stungen [SETAC 92], [BEW 94], [KOH 95], [BÖI 95], [SETAC 96], [KOBEK 96], [OGIP 96]. Mit der Betrachtung von Stoffströmen rückt zunehmend auch die Verfolgung von Problemstoffen und deren Verschleppung durch Recyclingprozesse in den Vordergrund [ENQ 99].
Folgende ökologische Kriterien bilden derzeit die Grundlage einer Nachhaltigen Entwicklung im Bauwesen [ENQ 98; S.335]:

- Flächenverbrauch
- Versiegelung
- Ressourcenverbrauch
- Einsatz von Problemstoffen
- Energieverbrauch / CO2 - Emissionen

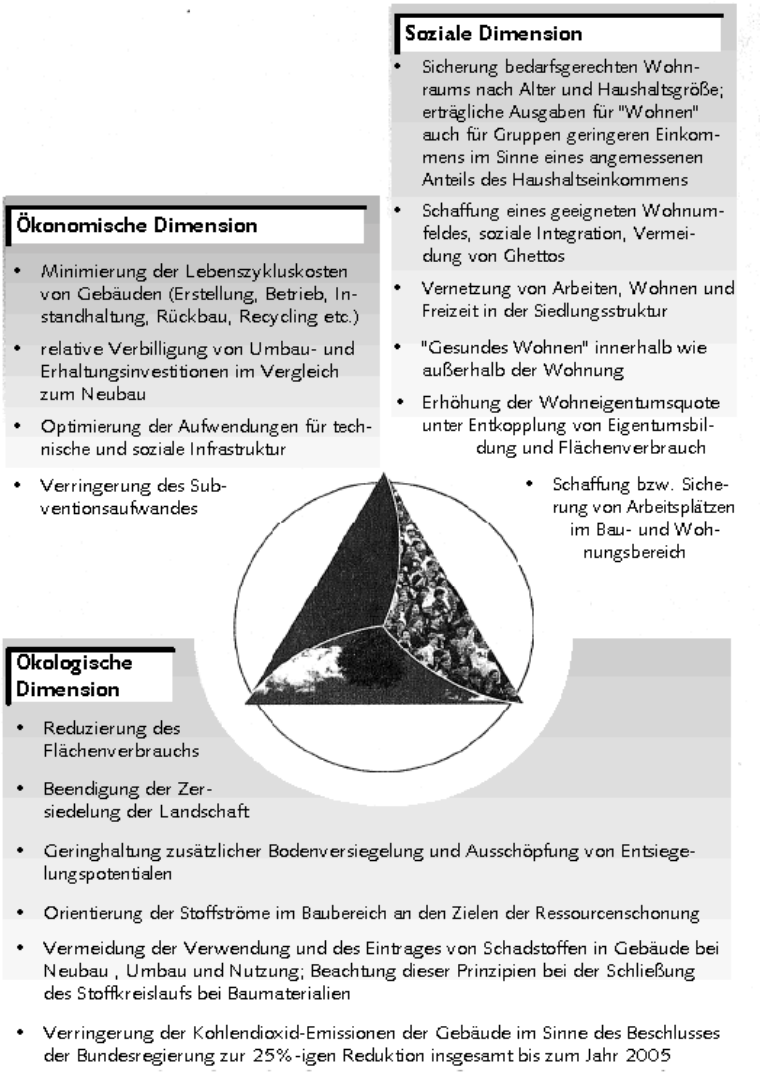


Abb. 1.2: Ausgewählte Zieldimensionen für den Bereich „Bauen und Wohnen" [ENQ 98; S.234]

Ökonomisch waren es bislang überwiegend die Aspekte der Bauwirtschaft (Investitionen) sowie der Subventionen, die im Zentrum der Betrachtung standen. Zunehmend finden nun auch die Lebenszykluskosten von Gebäuden Beachtung. Die Folgen eines „Erneuerungsstaus" waren nach der Wiedervereinigung in den neuen Ländern deutlich sichtbar. Immerhin liegt die Substanzwerterhaltung bei ca. 130 - 180 Mrd. DM pro Jahr und die Investitionen für Ersatzbauwerke bei 240 bis 290 Mrd. DM pro Jahr [ENQ 98; S.272]. Gesamtwirtschaftlich gesehen sollte eine optimale Nutzung des Gebäudebestands angestrebt werden, denn die Verwaltung von Leerstand verursacht ebenfalls Kosten.
Die ökonomischen Kriterien werden bestimmt durch [ENQ 98; S.335]:

- Lebenszykluskosten von Gebäuden
- Investitionen in Umbau / Erhaltung im Vergleich zu Neubau
- Infrastrukturaufwand
- Subventionsaufwand

Bezüglich der **sozialen Dimension** sind neben den vielfältigen individuellen und gesellschaftlichen Zielen vor allem die Wohnraumversorgung sowie der Faktor der Arbeitsplätze in der Bauwirtschaft in Betracht zu ziehen. Daneben spielt die Qualität des Wohn- und Arbeitsumfelds, sowie Versorgung, Transport und Infrastruktur eine wesentliche Rolle.
Soziale Kriterien [ENQ 98; S.335] betreffen überwiegend:

- Arbeitsplatzeffekt
- Sicherung bedarfsgerechten Wohnens
- geeignetes Wohnumfeld / Vernetzen von Wohnen, Arbeiten und Freizeit
- gesundes Wohnen
- Erhöhung der Wohneigentumsquote
- Kosten des Wohnens

Langfristig müssen sich die Ziele einer nachhaltigen Entwicklung der unterschiedlichen Dimensionen nicht widersprechen. Das größte Problem liegt darin begründet, daß das Allgemeinwohl meist in Konkurrenz zu kurzfristigen, ökonomisch orientierten Interessen steht. In der Auflösung dieser Konflikte im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung liegen die politischen und planerischen Herausforderungen der Zukunft.

Problem der mehrkriteriellen Bewertung

Das vorbeschriebene Spektrum der verschiedenen Dimensionen und der darauf basierenden unterschiedlichen Kriterien zeigt bereits wesentliche

Konfliktbereiche einer nachhaltigen Entwicklung auf. Die Komplexität des Gegenstands - des Gebäudebestands selbst - und die Interaktion mit anderen komplexen Systemen gestaltet vor allem die Definition der Handlungsziele und der Instrumente einer nachhaltigen Entwicklung äußerst schwierig.

Betrachtet man die unterschiedlichen Kriterien, die für eine nachhaltige Entwicklung im Baubereich identifiziert werden, stellen sich folgende Probleme: Die einzelnen Kriterien müssen qualitativ bewertet und möglichst auch quantifiziert werden. Diese Bewertung ist jedoch aufgrund unterschiedlicher Einheiten und Dimensionen nicht „neutral" auf einer einheitlichen Skala meßbar. Daher müssen jeweils für die einzelnen Kriterien Ziel- und Grenzwerte festgelegt werden; dann kann mittels des Prinzips des „constraint satisfaction" eine Bewertung erfolgen [KLI 99]. Dieses Prinzip erleichtert eine mehrkriterielle Entscheidungsfindung im Sinne einer **gesamtheitlichen Optimierung**, indem ein Zielraum definiert wird.

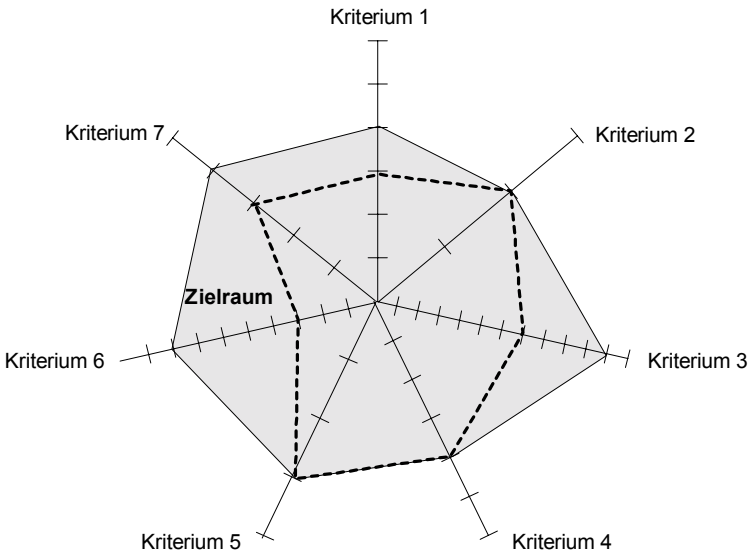


Abb. 1.3: Mehrkriterielle Bewertung, alle Werte liegen im Zielraum

Zur Festlegung und Überprüfung der Ziel- und Grenzwerte sind Bewertungsmethoden und -instrumente, die eine mehrkriterielle Bewertung auf gleicher Datenbasis zulassen, Einzelberechnungen vorzuziehen, da sich bei der Simulation einzelne Kriterien widersprüchlich entwickeln können.

Generelle Lösungsansätze - Systembetrachtung und Modellierung

Wie schon die Betrachtung der speziellen Dynamik der Stoffströme im Gebäudebestand gezeigt hat, reicht bei der Beschreibung der Vorgänge eine einfache, lineare Betrachtung nicht aus. Vielmehr ist in diesem Fall eine **systemhafte Betrachtung** notwendig, da sonst die Nebenwirkungen problemorientierter Einzellösungen nicht gesehen werden können. Komplexe Systeme haben den Vor- oder Nachteil, daß sie auf Fehler ebenso wie auf positive Interventionen nur langsam und zunächst nicht sichtbar reagieren: *„Besitzt das betreffende System noch genügendgroße Ausgleichsräume, eine gute Pufferkapazität, so mag es - gerade durch seine Komplexität - einiges von dem angerichteten Unfug wieder ausgleichen - zumindest über eine gewisse Zeit."* [VES 83; S. 7]

Verstärkend kommt bei dem Gebäudebestand noch eine gewisse Trägheit des Systems hinzu. Da es nicht zuletzt aufgrund seiner speziellen Dynamik der langen Zeitkonstanten langsam reagiert, werden Entwicklungen in ihrem Ausmaß erst sehr spät sichtbar. Werden negative Auswirkungen erkannt, z. B. das Problem des zunehmenden Sondermüllaufkommens, so läßt sich nichts mehr gegen eine bereits „vorprogrammierte" Entwicklung unternehmen. Das derzeit im Gebäudebestand vorhandene Problemstoffpotential wird noch lange Jahre zu Entsorgungsproblemen führen, selbst wenn ab heute nur noch „ökologische" Materialien verwendet würden.

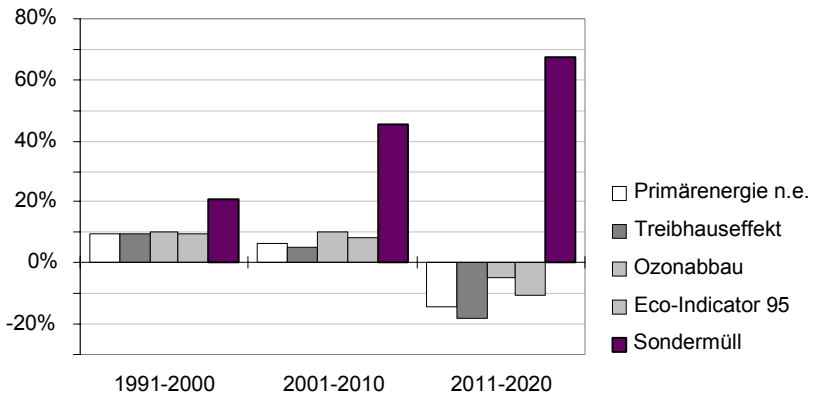


Abb. 1.4: Entwicklung von Sonderabfällen und ausgewählten Umweltindikatoren hervorgerufen durch den Gebäudebestand, Szenarioberechnung basierend auf 1991 (ohne Nutzung) [ENQ 99]

„Solange unsere veränderte Situation nicht begriffen und die Vernetzung nicht gesehen wird - und wo sie gesehen, oft zu kompliziert dargestellt wird, um sie noch weithin verstehen zu können -, werden wir laufend immer größere Rückschläge erleben und unter dem immer wieder erneuten Zwang stehen, unsere Bemühungen zu verdoppeln, um mit steigendem Energie- und Materialeinsatz noch ein wenig weiter auf die alte Weise wirtschaften zu können. Kurz, wir brauchen neue Entscheidungshilfen." [VES 83; S. 31].

Um überhaupt eine Möglichkeit der Bewertung und Erarbeitung von Grenz- und Zielwerten zu erhalten, ist es notwendig, sich mit den Funktionsabläufen innerhalb des Systems zu beschäftigen und diese zu analysieren. Erste Ansätze einer Betrachtung von Siedlungen und Ballungsräumen als System finden sich bei [VES 86]. Diese systemhafte Betrachtung ist eine wesentliche Grundlage für die Erarbeitung von **Modellen**, die das System bewerten und meßbar machen sollen.

Mit Hilfe solcher Modelle können Simulationen mit unterschiedlichen externen Systemparametern, die verschiedene Entwicklungen abbilden, das Verhalten des Systems veranschaulichen. Durch Langzeitszenarien lassen sich Auswirkungen, die im realen System zunächst nicht offensichtlich werden, darstellen und bewerten. Mit aktuellen Daten können alternative Handlungsstrategien abgebildet, sowie die verschiedenen Eingriffsmöglichkeiten auf ihre Wirkungen geprüft werden.

Bisherige Untersuchungs- und Modellansätze

Untersuchungen zu Stoffströmen in der Bauwirtschaft basieren bislang meist ausschließlich auf Statistiken (Produktionsstatistik). Nur wenige Studien legen genauere Untersuchungen des Gebäudebestandes selbst zugrunde. Betrachtet wird dann fast ausschließlich der Bestand an Wohngebäuden, denn nur hier liegen einigermaßen verläßliche Daten über den derzeitigen Bestand überhaupt vor. Eine dynamische Modellierung des Bestandes findet aber auch hier praktisch nicht statt. Meist wird ausgehend von einem strukturell, in seinem Umfang ermittelten Bestand eine mögliche Entwicklung simuliert, die seinen Zustand und seine Dynamik nur eingeschränkt oder gar nicht berücksichtigt.

Dieses Vorgehen findet sich beispielsweise bei einer Studie über Energieeinsparpotentiale im Gebäudebestand für das Land Hessen [IWU 90]. Die Untersuchung bezieht sich nur auf den Bestand an Wohngebäuden. Aufgrund der Zielsetzung werden die Gebäude gemäß ihrer energetischen Eigenschaften in Typenklassen eingeteilt; im Modell wird dann nur die

Außenhülle der Typgebäude in Kombination mit dem Beheizungssystem und den zu beheizenden Flächen abgebildet.
Stoffflußbezogene Untersuchungen erfordern demgegenüber eine umfangreichere Gebäudemodellierung. Bislang gibt es einige Ansätze, mit deren Hilfe versucht wird, komplette Gebäude (nicht nur einzelne Bauteile) und ihre Dynamik über den gesamten Lebenszyklus zu modellieren. Durch die Modellierung zur Berechnung von Energie- und Stoffströmen lassen sich auch die dadurch verursachten Umweltbelastungen ermitteln [LEGOE 00], [KOBEK 96], [OGIP 96], [KOH 97], [PEUP 97], [MAK 97], [KLO 98].

Gebäudemodellierungen als Basis für eine Bestandsmodellierung finden sich in [GÖR 97], [ÖKO 98] und [NAWO 01]. In allen Fällen dient die Modellierung als Grundlage für Stoffstromberechnungen; die Ansätze sind typologisch und es wird wiederum nur der Bestand an Wohngebäuden betrachtet. Die bislang umfangreichsten Untersuchungen ermöglicht die Bestandsmodellierung in [ÖKO 98], wobei die primäre Festlegung der funktionalen Einheit die Flexibilität erheblich einschränkt. Der gewählte Ansatz ist ergebnisorientiert, d. h. eine flexible Modellgrundlage stand in diesem Projekt nicht im Vordergrund. Im Rahmen eines derzeit laufenden Folgeprojekt wird die Modellgrundlage um Infrastrukturgebäude erweitert.
Der komplette Gebäudebestand, d. h. Wohn- und Nichtwohngebäude, wurde beispielsweise in einer Schweizer Studie [WÜE 89] und in der Studie für die Enquete-Kommission [ENQ 99] zugrunde gelegt. In der Schweizer Studie werden jedoch nicht die Stoffströme selbst, sondern nur die Investitionen bezüglich Rohbau, Installation, Ausbau etc. für verschiedene Bautätigkeiten (Neubau, Erneuerung, etc.) berücksichtigt. Der Studie für die Enquete-Kommission lag eine dynamische Modellierung des Gesamtbestandes zugrunde. Die Gebäudemodellierung basierte auf der Schweizer Elementgliederung vom CRB [BAU 96]. Bei der Umrechnung auf den Bestand wurden die Stoffmassen auf funktionale Einheiten für festgelegte Teilbestände berechnet. Diese Abstraktion erlaubt ebenfalls nur eine eingeschränkte weitere Nutzung und durch die Festlegung auf die schweizer Elementgliederung ist eine direkte Verknüpfung vor allem mit Kostendaten für Berechnungen innerhalb des deutschen Gebäudebestands nicht herstellbar [ENQ 99], [DFG 97], [DFG 98]. In den Forschungsprojekten [DFG 97], [DFG 98] wurden erste theoretische Ansätze für eine flexible Modellierung geschaffen, die es ermöglicht, beliebige Gebäudebestände für Untersuchungen zu Stoffströmen, Energieverbrauch und Kosten dynamisch zu modellieren.
Regionale Modelle für die Ressourcenbewirtschaftung basieren meist auf einem Mix von Flächendaten und Daten über Bebauungsdichte. Hier wird zwar ein Gebäudebestand meist in hoch aggregierter Form miteinbezo-

gen, der jedoch, da nicht separat modelliert, keine differenzierten Berechnungen zuläßt [MOF 97], [MOF 98], [BAC 96].

Mit dem Untersuchungsziel wird stets auch die Art der Modellierung festgelegt. Die dabei vorgenommenen Abstraktionen bedeuten auch immer wieder eine Einschränkung der weiteren Nutzung der Daten. Methodische Ansätze wie die Bildung von Typengebäuden und von vorneherein festgelegte funktionale Einheiten, stellen eine wesentliche Einschränkung der weiteren Nutzung von Grundlagendaten dar (s. Kap. 4.1.1 S. 76). So wurde z. B. bei [ÖKO 98] die Wohneinheit als funktionelle Einheit gewählt - diese ist jedoch für viele andere Untersuchungen nur sehr eingeschränkt verwendbar und daher sind die darauf bezogenen Stoffflußdaten kaum auf andere Untersuchungen übertragbar. Da aber gerade die Datenerhebung sehr aufwendig ist, sollte die Möglichkeit bestehen, Daten mehrfach zu nutzen und über einen kumulativen Effekt auch den Informationsstand generell zu verbessern.

Die Betrachtung bisheriger Modellansätze macht deutlich, daß Untersuchungsaspekte, die den Gebäudebestand betreffen, durchaus vielfältig sind - Energie- und Stoffströme, Kosten, Entwicklung der Bautätigkeit, Emissionsbelastung, etc. Allen Projekten gemein ist die Problematik der Modellierung des Bestandes selbst. Dies liegt nicht zuletzt in der Komplexität und vor allem in der schlechten Datenlage begründet. Es finden sich kaum Datengrundlagen über die strukturelle Zusammensetzung (Alter, Nutzung, Größe, Konstruktionsart, etc.) und den Zustand des Bestandes. Der 3. Bauschadensbericht [DEUT 96] ist die einzige Untersuchung, in der versucht wurde, den **Zustand** der Wohnbebauung und die dadurch notwendigen Investitionen für die alten Bundesländer zu ermitteln. Bezüglich der Datenlage wird in vielen Studien ein erheblicher Forschungsbedarf identifiziert. Die vorliegende Arbeit soll Ansätze zur Verbesserung dieser Grundlagen aufzeigen.

1.2 Zielsetzung

Mit dieser Arbeit soll eine methodische Grundlage geschaffen werden, die es ermöglicht, *beliebige* Gebäudebestände strukturell abzubilden und dynamisch zu modellieren. Durch eine neutrale und umfangreiche Modellierung sowie einen modularen Modellaufbau soll diese Basis flexibel und erweiterbar werden und eine Vielzahl von Untersuchungen erlauben, die auf dem System Gebäudebestand beruhen. Eine Verknüpfung mit Baustoff- und Kostendaten soll eine parallele Bewertung vielfältiger Krite-

rien ermöglichen, und somit Prinzipien nachhaltiger Entwicklung quantifizierbar machen. Darüberhinaus kann diese Basis quasi als Grundmodul für andere Modelle dienen. Eine offene Struktur soll über geeignete Schnittstellen eine Voraussetzung für die Anknüpfung an regionale Modelle oder Modelle für die Infrastruktur schaffen.
Mit Hilfe der durch die Modellierung gegebenen Untersuchungsmöglichkeiten kann nicht nur das Wissen über den Gebäudebestand insgesamt erweitern, sondern es lassen sich auch Parameter identifizieren, die hinsichtlich der Dynamik mehr oder weniger sensibel sind. Berechnungen können dazu dienen, Indikatoren festzulegen bzw. in ihrer Relevanz besser einzuschätzen.
Neben der Entwicklung einer methodischen Modellgrundlage werden Datenquellen für die Erfassung von Gebäudebeständen analysiert, die die strukturelle Grundlage zu ihrer Abbildung für die Modellierung liefern. In diesem Zusammenhang werden sowohl Aussagekraft der Daten sowie Möglichkeiten zur Optimierung der Datenerfassung untersucht.

1.2.1 Untersuchungsgegenstand

Betrachtet man den gesamten Kulturraum als System, so befinden sich darin unter anderem die Subsysteme Gebäudebestand, Infrastruktur und Landschaft. Diese Systeme werden wiederum von sozialen und ökologischen Systemen überlagert und stehen mit ihnen in Interaktion.

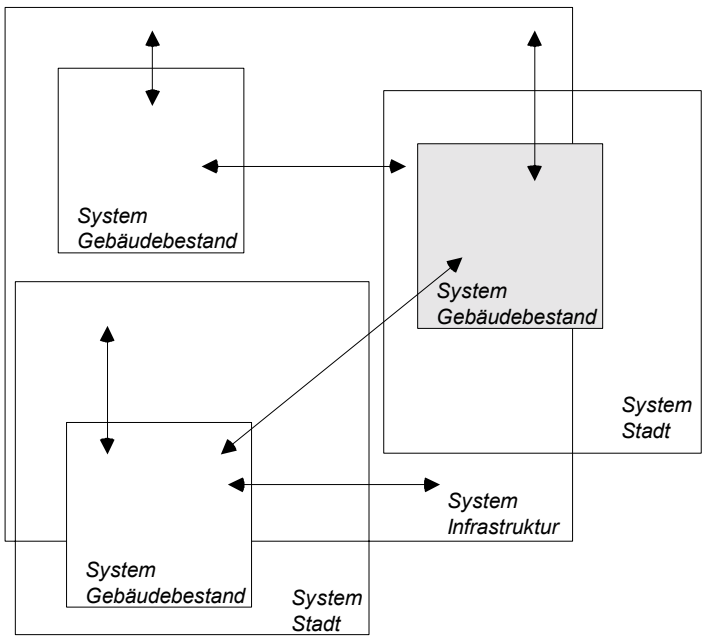


Abb. 1.5: Überlagerung und Relationen der Systeme „Stadt", „Infrastruktur" und „Gebäudebestand"

Der Gebäudebestand, wie er in dieser Arbeit betrachtet wird, ist nicht zwangsläufig räumlich definiert und daher *nicht* mit dem System Stadt oder Siedlung gleichzusetzen. Diese sind wesentlich komplexer und befinden sich eine Hierarchiestufe höher, da hier Subsysteme wie Gebäudebestand oder Infrastruktur enthalten sind. Das System Gebäudebestand besteht - je nach Definition der Systemgrenzen - *ausschließlich* aus den Gebäuden selbst (s. Kap. 3.1 S. 35).

Der Schwerpunkt liegt auf der Analyse und Modellierung des Systems Gebäudebestand selbst. Interaktionen mit anderen Systemen werden nur ansatzweise betrachtet, soweit sie den Ressourcenaustausch bedingt durch den Gebäudebestand betreffen. Die Grundlage, die hier geschaffen wird, bietet jedoch jederzeit die Möglichkeit, weitere Relationen zu anderen Systemen einzubeziehen.

Während der politische Fokus bislang fast ausschließlich auf dem zu Wohnzwecken genutzten Gebäudebestand liegt - vor allem hinsichtlich der Forderung nach Wohnraum -, findet der gewerblich genutzte Immobilienbestand kaum Beachtung. Gerade dieser darf jedoch unter ökologischen Aspekten, sowie der Betrachtung des Bestands als „Ressource der Zukunft", nicht vernachlässigt werden. Eine Schweizer Studie hat ermittelt, daß 1991 von 85 mio. m^2 Bruttogeschoßfläche ca. 10 mio. m^2 in Industrie- bzw. Gewerbezonen der Schweiz brach lagen. In Szenarien bis 2005 wurde festgestellt, daß der zu erwartende Flächenbedarf in diesem Bereich geringer sein wird, als die 1995 brachliegende Fläche [WÜE 95].
In Deutschland macht dieser Teilbestand - hinsichtlich des räumlichen Bauvolumens (BRI) - annähernd die Hälfte des jährlich neu hinzukommenden Bestandes aus; betrachtet man die Investitionen, so sind es etwa 40% (s. Abb. 1.6: S. 15), (s. Abb. 1.7: S. 16).

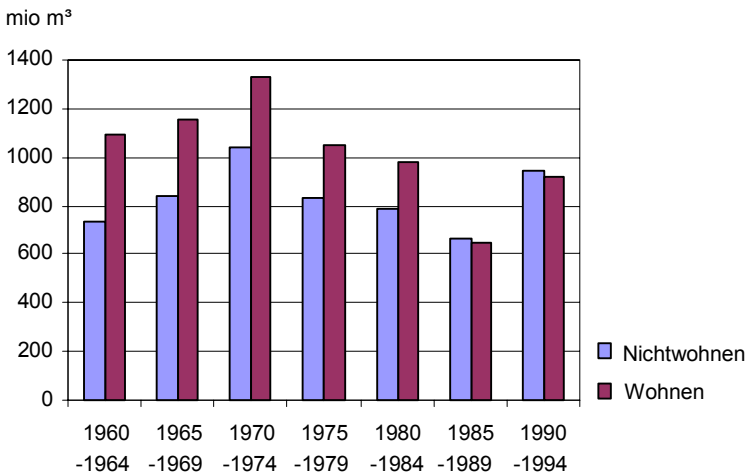


Abb. 1.6: Baufertigstellung in der BRD von 1960 bis 1994 in mio m³ BRI [STABU]

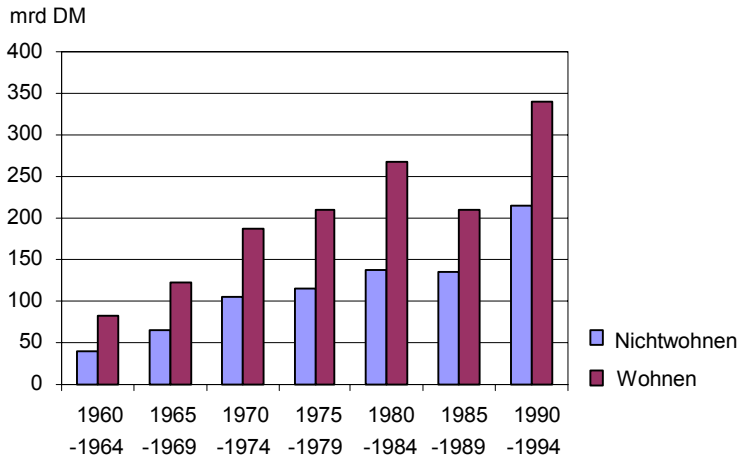


Abb. 1.7: Bauwerkskosten der Baufertigstellungen in Mrd DM [STABU]

Entscheidend für die Relevanz des Bestandes als Ressource ist jedoch die Charakteristik seiner Struktur und seiner Dynamik. Während Wohngebäude meist eine relativ homogene Struktur aufweisen, die sich prinzipiell in wenigen Gebäudetypen darstellen läßt, ist die Struktur der Nichtwohngebäude sehr heterogen, was Größe und Bautypus anbelangt; hinzu kommt der in Nichtwohngebäuden wesentlich größere Anteil an gebäudetechnischen Anlagen, die sowohl bezüglich des Energieverbrauchs, wie auch der Baunutzungskosten relevant sind.

Auch hinsichtlich der Dynamik sind Unterschiede zu beobachten - während Wohngebäude bedingt durch den stetigen Bedarf meist einer relativ langfristigen und homogenen Dynamik unterliegen, ist diese bei Nichtwohngebäuden wesentlich heterogener. Die Unterschiede in der Dynamik werden überwiegend durch die Anforderungen sowie Interessen der Akteure bestimmt. Während bei Wohngebäuden die Nutzung gleich bleibt und sich Änderungen über neue Standards definieren, können sich die Anforderungen an die Struktur von Nichtwohngebäuden generell ändern. Erneuerungsmaßnahmen werden bei Wohngebäuden meist kontinuierlich und bedarfsorientiert durchgeführt. Gebäudeabbrüche finden überwiegend wegen der Errichtung neuer Gebäude mit einer besseren Ausnutzung des Grundstücks statt; der Zustand eines Gebäudes ist nur selten der Grund für einen Abbruch.
Nichtwohngebäude hingegen unterliegen auch aufgrund des bereits beschriebenen Strukturwandels oft kurzfristig geänderten Anforderungen. Dies kann zu brachliegenden Gebäuden führen oder zu Gebäudeabbrüchen, auch wenn die Gebäude erst wenige Jahre alt sind (s. Abb. 1.8: S. 17). Dadurch liegt bei den Nichtwohngebäuden das weitaus größere Potential, betrachtet man Immobilien als Ressource der Zukunft. Diese Feststel-

lung bezieht sich nicht nur auf den Gebäudebestand, sondern auch auf die Grundstücksflächen. Bei der Betrachtung des Flächenverbrauches ist neben den Grundstücken auch die dazugehörige Verkehrsinfrastruktur in Industrie- und Gewerbegebieten von großer Bedeutung.

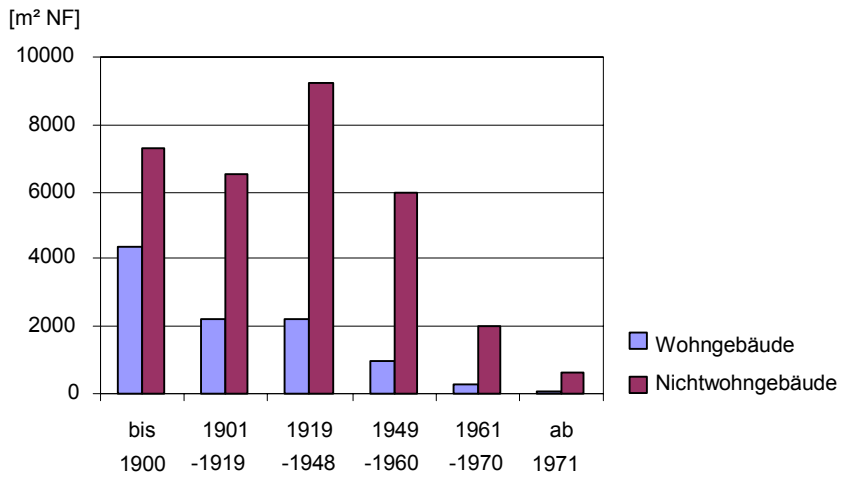


Abb. 1.8: Gebäudeabbrüche 1980 bis 1986 nach Alterklassen des Baujahrs [STABU]

Ein weiterer Aspekt für strukturelle Untersuchungen ist die Relation von Wohn- zu Nichtwohngebäuden. Hier sind räumliche Abhängigkeiten zwischen Wohnstandort und Arbeitsplatz eingerseits, und der erforderlichen Versorgungseinrichtungen und Verkehrsinfrastrukturandererseits von Interesse. Daher bezieht sich der Gegenstand dieser Arbeit auf den gesamten Gebäudebestand, d. h. Wohn- und Nichtwohngebäude.

1.2.2 Untersuchungsschwerpunkt

Die Methodik der Modellbildung soll primär die Bewertung der ökologischen Kriterien der Nachhaltigkeit ermöglichen. Ökonomische Aspekte, die in direktem Zusammenhang mit der Bautätigkeit stehen, werden ebenfalls berücksichtigt. Durch eine offene Modellstruktur können aber auch weitere ökonomische wie auch soziale Kriterien ergänzt werden.

Die Quantifizierung der ökologischen Kriterien ist ein sehr komplexes Feld. Zunächst soll diese Thematik hinsichtlich der Ziele einer nachhaltigen Entwicklung noch einmal detaillierter betrachtet werden: Ziele, die sich am Leitbild einer ökologisch nachhaltigen, zukunftsverträglichen Entwicklung orientieren, lassen sich mit **Umweltqualitätszielen** und **Umwelthandlungszielen** beschreiben.

„Umweltqualitätsziele beschreiben, ausgehend von einem identifizierten ökologischen Problembereich [langfristig] angestrebte, am Leitbild der nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung und am Nachhaltigkeitsziel der Erhaltung der Funktionsfähigkeit des natürlichen Realkapitals orientierte Zustände oder Eigenschaften (=Sollwerte) der Umwelt bezogen auf Systeme, Medien oder Objekte. Sie streben eine Erhaltung oder Veränderung konkreter Eigenschaften oder Zustände auf globaler, regionaler oder lokaler Ebene an.
Grundlage für die Erarbeitung von Umweltqualitätszielen sind einerseits der wissenschaftliche Erkenntnisstand über qualitative und, soweit verfügbar, quantitative Ursache-Wirkungsbeziehungen. (...). Umwelthandlungsziele geben die Schritte an, die notwendig sind, um die in Umweltqualitätszielen beschriebenen Zustände oder Eigenschaften der Umwelt zu erreichen. Dazu bedarf es der Formulierung quantifizierter und meßbarer oder anderweitig überprüfbarer Ziele, die sich an verschiedenen Belastungsfaktoren orientieren und Vorgaben für notwendige Entlastungen (Belastungsminderung) enthalten. (...)." [ENQ 97; S.12]

Bislang gibt es über die Struktur und den Umfang des Bestands an Gebäuden in Deutschland keine genauen Angaben. Für die Quantifizierung des Rohstoffverbrauchs und der Umweltbelastungen in diesem Bereich gibt es ebenfalls kaum Grundlagen. Im Hinblick auf die Relevanz und die Festlegung von Ziel- und Grenzwerten für ausgewählte Indikatoren sind auch Modelle erforderlich, die zur Verbesserung und Erweiterung der Datenbasis beitragen.
Ein weiterer Schwerpunkt liegt daher auf der Analyse der Datenquellen, die für die strukturellen Basisdaten von Gebäudebeständen zur Verfügung stehen. Neben der inhaltlichen Bewertung der Datenquellen sollen auch Methoden untersucht werden, wie Informationen aus verschiedenen Datenquellen zu einem Bestand verknüpft werden können, um so zu einer Optimierung der Datenerfassung auch für große Bestände zu gelangen.

Die vorliegende Dissertation soll eine Basis schaffen, die die Modellierung eines Gebäudebestandes im Hinblick auf die Analyse und Bewertung von Energie- und Stoffströmen ermöglicht. Dazu ist eine umfangreiche und komplette Modellierung von Gebäuden erforderlich, die auch weitere Nutzungsmöglichkeiten eröffnet. Erfolgt diese neutral, kann über eine Dokumentation in einer Datenbank eine Datengrundlage für eine Vielzahl von anderen Untersuchungszielen geschaffen werden.

Die Modellgrundlage wird eine einheitliche Basis mit klar festgelegten Systemgrenzen bieten, was eine grundlegende Voraussetzung für die Vergleichbarkeit und Bewertbarkeit von Ergebnissen bedeutet. Dabei geht es

in den Szenarienberechnungen weniger um absolute Werte, als um die obere und untere Abgrenzung des Bereichs eines Trends, um so eine strategische Entscheidungshilfe zu bieten.

1.3 Aufbau der Arbeit

Grundsätzlich sind bei dieser Arbeit drei Bereiche zu unterscheiden. Im ersten Teil werden die **Grundlagen**, die für eine Modellierung von Gebäudebeständen notwendig sind, erläutert. Die Analyse der Systeme „Gebäude" und „Gebäudebestand" bildet hierbei die Basis für die spätere Modellierung.
Für die Nutzung des Modells spielt neben der Modellqualität auch die Datenqualität eine wesentliche Rolle. Daher wird sich der zweite Teil mit der Analyse verfügbarer **Datenquellen**, deren Inhalte und Nutzungsmöglichkeit beschäftigen. Um die Daten sinnvoll nutzen und verwalten zu können und um auf Dauer zu einer Datenbasis zu gelangen, die die Modellierung gut unterstützt, ist der Aufbau einer **Datenbank** erforderlich. Die dabei entstehenden Probleme werden ebenfalls im zweiten Abschnitt diskutiert. Der dritte Teil wird sich mit den **Anwendungsmöglichkeiten** anhand der erarbeiteten Grundlagen beschäftigen.
Die Arbeitsschritte sind im einzelnen die

- Definition des Systems
- Definition der Anforderungen an das Modell
- Methodik der Modellierung
- Analyse der verfügbaren Datenquellen
- Grundlagen zum Aufbau einer Gebäudedatenbank
- Beispiele zur Strukturanalyse eines Bestands

In **Kapitel 2** werden zunächst allgemeine Grundlagen der System- und Modelltheorie vorgestellt und die Begriffe definiert. Anhand des systemtheoretischen Ansatzes sollen Gebäudebestände analysiert und die Grundlage für eine Modellierung geschaffen werden. Dies soll ermöglichen, alle Aspekte von Stoffstromuntersuchungen und daraus entstehende Kosten zu untersuchen.

Im **Kapitel 3** werden die Komponenten, die der allgemeinen Systemtheorie zugrunde liegen, inhaltlich auf die Systeme Gebäudebestand und Gebäude übertragen. Beide Systeme werden analysiert und die für die spätere Modellierung grundsätzliche Verhaltensweisen beschrieben und definiert.

Die Umsetzung der Systemkomponenten in Modellkomponenten wird in **Kapitel 4** beschrieben. Ausgehend von bestehenden Methoden zur Modellierung von Gebäuden wird über die Modellidee das Vorgehen für die Modellierung von Gebäudebeständen erläutert, die dieser Arbeit zugrunde liegt. Es ist - sowohl für Gebäude als auch für Gebäudebestände - jeweils eine statische und eine dynamische Modellkomponente erforderlich. Für die statische Modellierung werden drei Ansätze - semantisch, räumlich und stofflich - aufgezeigt.

Eine generelle Analyse der für Bestandsuntersuchungen nutzbaren Datenquellen und deren Auswertungsmöglichkeiten wird im **Kapitel 5** beschrieben. Grundsätzliche Möglichkeiten der Datenübernahme aus vorhandenen Datenquellen und die dabei entstehenden Probleme, vor allem hinsichtlich der Definitionen, werden im Anschluß analysiert. Der letzte Teil des Kapitels beschreibt die Struktur einer Datenbank, die als Basis für die Modellierung dient.

In **Kapitel 6** werden Beispiele zur strukturellen Bestandsanalyse vorgestellt. Dabei werden verschiedene Möglichkeiten der Datenerfassung und Auswertung analysiert, sowie Probleme der Datenerhebung und Datenüberlagerung bei der Verwendung verschiedener Datenquellen veranschaulicht.

Ein Resümee wird in **Kapitel 7** gezogen und mit einem Ausblick auf weiteren Forschungsbedarf komplettiert.

Neben verschiedenen Verzeichnissen und einem Glossar gibt es noch drei Anhänge, die Ergänzungen zu den Kapiteln im Hauptteil enthalten.

Im **Anhang 1** sind Definitionen, die aus anderen Quellen für diese Arbeit übernommen und im Hauptteil nicht erläutert wurden, zusammengestellt. Tabellen und Verknüpfungen der Datenbank sind im **Anhang 2** dokumentiert. Hier finden sich auch die Inhalte der Tabellen mit festgelegten Definitionen. Im **Anhang 3** befinden sich weitere Berechnungen, sowie Tabellen und Graphiken als Ergänzung zu Kapitel 6.

2 Systeme und Modelle

Wenn ein System in der Realität keine Experimente zuläßt, muß zu Untersuchungszwecken auf das Verfahren der Modellbildung und Simulation zurückgegriffen werden. Dieses Verfahren ist vor allem für den Umgang mit komplexen dynamischen Systemen hilfreich. Das Modell, als vereinfachte, generalisierte Abbildung eines realen Systems, soll stellvertretend Verhaltensweisen des Systems abbilden. Die Simulation einer künftigen Entwicklung über externe Parameter - Szenarienbildung - soll Aufschluß über das zu erwartende Verhalten des realen Systems geben.
Auf Grundlage der allgemeinen System- und Modelltheorie werden in den nächsten Abschnitten Systemkonzepte und deren Komponenten erläutert und an Beispielen ein inhaltlicher Bezug zum „System Gebäudebestand" hergestellt. Generelle Modellansätze, die auf Grundlage einer Systembeschreibung entwickelt werden können, werden anschließend veranschaulicht.

2.1 Systeme

Nach der Definition von Krieger besteht ein System *„(...) aus Elementen, die in bestimmten Relationen zueinander stehen, (...).*" [KRI 96, S.12]. Hiermit sind zwei wesentliche Komponenten eines Systems angesprochen. In der Systemtheorie werden im allgemeinen folgende Bestandteile für die sogenannte Systemhaftigkeit definiert:

- Identität (Systemgrenze zur „Umwelt")
- Funktion (Zweck des Systems)
- Elemente
- Relationen (Beziehungen zwischen den Elementen)
- Dynamik (zeitliche Veränderung)

Da eine Modellierung, die aufgrund einer Systembeschreibung entwickelt wird, immer auch die Komplexität des Systems vereinfacht, kann, je nach Untersuchungsziel, die Beschreibung des Systems unterschiedlich sein. Ropohl [ROP 77] beschreibt drei **Systemkonzepte**. Je nach Untersuchungsziel ist es sinnvoll, für die Modellierung unterschiedliche Systemkonzepte zugrunde zu legen.

Das **funktionale Konzept** eignet sich für einfache Input - Output Berechnungen. Es zeigt die Verhaltensweise des Systems gegenüber der Umwelt. Prozesse innhalb des Systems, d. h. die Relationen zwischen den Elementen, werden nicht weiter betrachtet. Inwieweit es notwendig ist, diese bei der Modellierung zugrunde zu legen, hängt vom Untersuchungsziel ab. Die Prozesse innerhalb des Systems sind daher bei diesem Konzept nicht nachvollziehbar - das System wird als „black box" behandelt.
Mit Hilfe des funktionalen Konzepts lassen sich bezüglich des Baubestands einige interessante Untersuchungen durchführen, wie z. B. über die Entwicklung des Bestandes (Bautätigkeit), den Energieverbrauch, Kosten, etc.. Sobald jedoch Fragen nach den Ursachen einzelner In- und Outputs und deren Steuerungsmöglichkeiten untersucht werden sollen, reicht diese einfache Art der Systembetrachtung nicht mehr aus. Um Ursachen von Systemreaktionen auf den Grund gehen zu können, ist es unbedingt erforderlich, die *innerhalb* des Systems ablaufenden Prozesse zu analysieren und im Modell abzubilden.

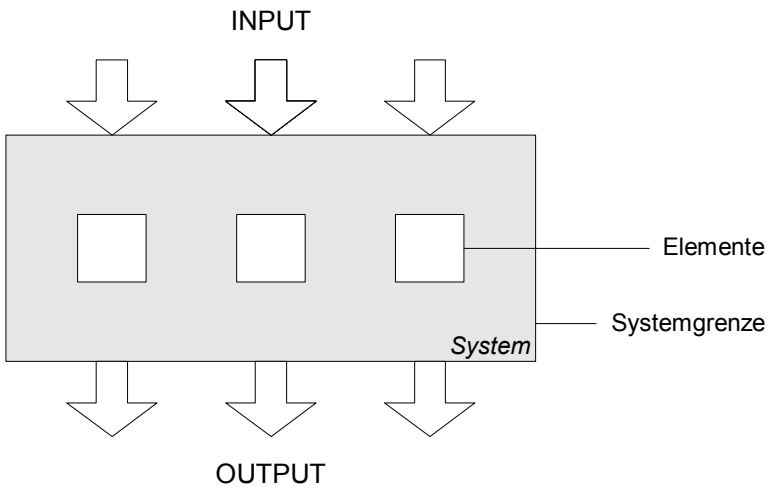


Abb. 2.1: Funktionales Konzept nach [ROP 77]

Das **strukturale Konzept** betrachtet ein System als eine Gesamtheit der miteinander verknüpften Elemente. Das bedeutet, daß Systemeigenschaften durch das Zusammenwirken der Elemente beschrieben werden und sich auch nur aus deren Zusammenspiel ergeben. Die Systemeigenschaften sind nicht durch einfache Addition der Elementeigenschaften zu beschreiben. Es bedeutet aber auch, daß die Elemente eines Systems nicht isoliert zu betrachten sind, sondern Änderungen eines Elements auch Auswirkungen auf andere Elemente hat. Eine Modellierung nach diesem Konzept bildet die **Wirkungsstruktur** eines realen Systems ab, d. h. von Interesse sind vorwiegend die **Relationen** zwischen den Elementen. Das Verhalten des Systems in der Vergangenheit ist, was seine

Auswirkungen anbelangt, im Gegensatz zu dem funktionalen Konzept nur von sekundärem Interesse. Die Analyse der Wirkungsstruktur eines komplexen Systems gestaltet sich meist sehr schwierig, obwohl oft nur auf diesem Weg das System in seinem Verhalten richtig interpretiert werden kann.

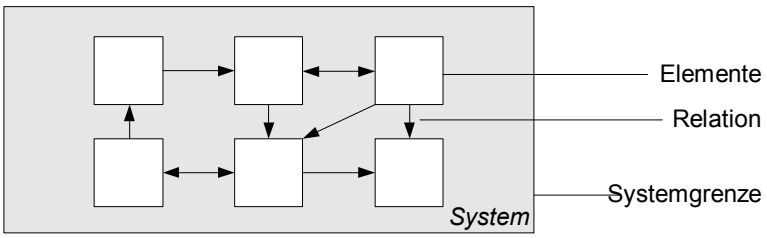


Abb. 2.2: Strukturales Konzept nach [ROP 77]

Das **hierarchische Konzept** besagt, daß jedes Element eines Systems seinerseits ein System darstellt und somit zum Subsystem eines übergeordneten Systems wird. *„Bewegt man sich in der Systemhierarchie abwärts, so erhält man eine detaillierte Erklärung (...)"* des Systems, *„(...) während man, wenn man sich in der Hierarchie aufwärts bewegt, ein tieferes Verständnis seiner Bedeutung gewinnt."* [MES 69, S.35].

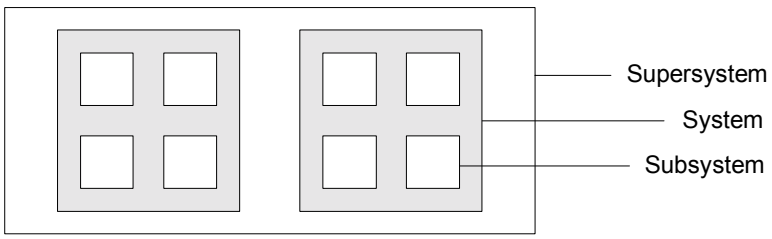


Abb. 2.3: Hierarchisches Konzept nach [ROP 77]

Eine Hierarchieordnung ist für Untersuchungen im Bereich des Baubestandes oft sinnvoll einzusetzen. In diesem Zusammenhang ist beispielsweise ein Gebäude ein Element, das als ein Subsystem des Systems „Gebäudebestand" betrachtet werden kann. Auf jeder Hierarchieebene kommen jedoch neue Elemente und Relationen hinzu, was immer wieder ein Ansteigen der Komplexität zur Folge hat.

2.1.1 Systemgrenzen

Die Identität eines Systems wird durch die generell bestimmende Systemgrenze festgelegt. Das System muß sich von etwas anderem unterschei-

den; nach Krieger ist dies die Umwelt. „*Das System unterscheidet sich zuerst und vor allem von der Umwelt. Dies ist darin begründet, daß das System seine eigenen Elemente einschließt, und damit die Umwelt ausschließt. Die Unterscheidung wirkt einschließend und ausschließend. Umwelt ist alles, was aus dem System ausgeschlossen wird.*" [KRI 96, S.13]. Die Umwelt eines Systems wird per Definition durch alles charakterisiert, was *nicht* dem System zugehörig ist. Der Begriff Umwelt ist hier *nicht* gleichzusetzten mit der Umwelt im biologischen bzw. ökologischen Sinn.
Auch innerhab des Systems können immer wieder Grenzen auftauchen - beispielsweise müssen für im System enthaltene Subsysteme weitere Systemgrenzen definiert werden. In der Realität sind Systeme offen, d. h., an der Systemgrenze findet ein Austausch - Input und Output - mit der Umwelt statt. Bei einem geschlossenen System gäbe es keine Beziehungen zur Außenwelt, bzw. das System hätte gar keine Außenwelt. Da dies in der Realität nicht gegeben ist, ist die Definition eines geschlossenen Systems höchstens eine Vereinfachung zur Modellbildung. Neben der Funktion der Systembestimmung durch die Abgrenzung von der Systemumgebung (Umwelt), können Systemgrenzen auch noch andere Funktionen innerhalb eines Systems erfüllen. Die folgenden Definitionen sind für die spätere Betrachtung von Gebäudebeständen erforderlich. Sie sind *nicht* in der allgemeinen Systemtheorie definiert.

Systemgrenzen sollen zuallererst die Systemelemente als zum System gehörig definieren. Dies geschieht zunächst mit Hilfe **deskriptiver** oder **räumlicher Systemgrenzen.**

Bei den **deskriptiven Systemgrenzen** erfolgt die Definition über Eigenschaften (Attribute), die den Elementen zugeordnet sind. Ein Gebäudebestand kann beispielsweise über Besitzverhältnisse als zu untersuchendes System bestimmt werden, oder über die Definition eines bestimmten Bautyps (z. B. Einfamilienhaus), durch Zugehörigkeit zu eines Baualtersklasse u.s.w.. Mit Hilfe der so beschriebenen Systemgrenzen läßt sich ein Gesamtsystem durch weitere Attribute in Teilsysteme (Teilbestände) oder Gruppen unterteilen. Diese Vorgehensweise spielt für die spätere Modellierung von dem komplexen System Gebäudebestand eine wesentliche Rolle zur Reduktion der Komplexität (s. Kap. 4.3.1"S. 96). Durch die Teilung des Gesamtsystems entstehen neue Subsysteme, die entweder auf derselben Hierarchieebene in Interaktion treten, oder sich auf unterschiedlichen Hierarchieebenen befinden können.

Räumliche Systemgrenzen sind für Baubestände im Prinzip einfach zu definieren. Nimmt man den Gebäudebestand einer Stadt als System an, so ist die räumliche Grenze durch die Verwaltungsbezirksgrenze eindeu-

tig festgelegt. Betrachtet man das System zweidimensional, so kann jeder beliebige Linienzug auf einer Karte das System räumlich begrenzen. In der dritten Dimension muß eine Grenze definiert werden, die entweder den Luftraum mit einbezieht (s. Abb. 2.4:, S.25, A), oder ihn als Umwelt ausschließt (s. Abb. 2.4:, S.25, B) . Das gleiche gilt für die Grenze unter der Erde. Sie endet entweder an der Außengrenze der künstlich vom Menschen geschaffenen Subsysteme (Gebäude, Infrastruktur, etc.), oder sie bezieht das Erdreich bis zu einer bestimmten Tiefe mit ein.

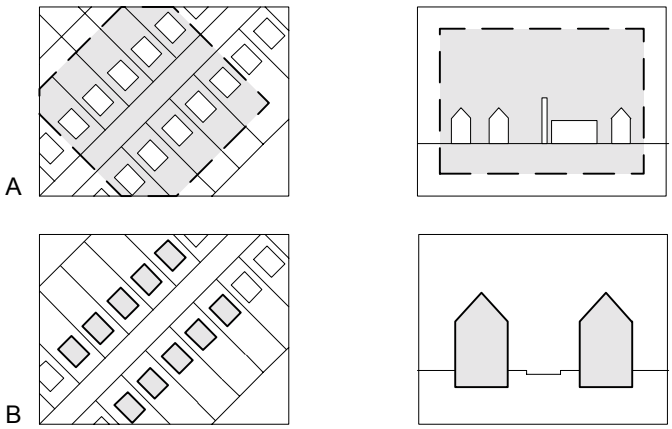


Abb. 2.4: Mögliche Definition räumlicher Systemgrenzen

Die Angabe **zeitlicher Systemgrenzen** ist sowohl für die Systembeschreibung wie auch für spätere Untersuchungen unerläßlich. Wird eine zeitliche Systemgrenze für ein System wie den Gebäudebestand *definiert*, so wird damit üblicherweise ein Betrachtungszeitraum festgelegt. Dieser Betrachtungszeitraum gibt auf unterschiedlichen Ebenen an, was bei einer Bilanzierung mitberechnet wird. Zeitliche Systemgrenzen können sowohl für das System selbst, wie auch für die im System befindlichen Elemente definiert werden (s. Kap. 3.2.1 S. 40).

Systeme können auch **funktionale Grenzen** besitzen. Diese haben ebenfalls einen zeitlichen Bezug und stellen eine besondere Form von zeitlichen Systemgrenzen dar. Sie bezeichnen das Ende der Funktionserfüllung eines Systems und damit auch das Ende seiner Existenz. Sie sind sozusagen systemimmanent und u.a. abhängig von der Beanspruchung des Systems. Funktionale Systemgrenzen werden bei manchen Systemen auch oft als **technische Lebensdauer** bezeichnet, diese ist prinzipiell festgelegt und läßt sich nur durch geeignete Maßnahmen (z. B. Wartungsarbeiten, Instandhaltung) beeinflussen, d. h., im Gegensatz zur zeitlichen Systemgrenze des Betrachtungszeitraums kann sie *nicht* beliebig definiert werden.

So erfüllt beispielsweise ein Lastwagen die Funktion des Transportierens. Ist der Motor kaputt, so ist kann das System seine Funktion nicht mehr erfüllen, d. h. es ist als solches nicht mehr existent. Es gibt jedoch nicht zwangsläufig eine Abhängigkeit zwischen den funktionalen Systemgrenzen des Systems und der Subsysteme. Ein Motor kann als Subsystem länger als das System selbst existieren. Neben dem Ende der Lebensdauer kann auch das Erreichen einer maximalen Kapazität die Funktion zum Erliegen bringen.

Bei einem Gebäudebestand ist das Erreichen einer funktionalen Systemgrenze sicherlich selten gegeben (Zusammenbruch des ganzen Systems). Betrachtet man die im System befindlichen Elemente (Gebäude), so spielen die funktionalen Systemgrenzen jedoch wieder eine Rolle. Das Erreichen der funktionalen Grenzen von den Subsystemen Gebäude oder Bauteil (Ende der Lebensdauer) hat wiederum Auswirkungen auf die Dynamik des Gesamtsystems.

Definiert eine zeitliche Systemgrenze den Betrachtungszeitraum für ein System und die funktionale Systemgrenze die Lebensdauer der Elemente, so bestimmt diese deren Aufenthaltszeitraum im System; dabei ist es auch möglich, daß einzelne Elemente schon vor Beginn des Betrachtungszeitraums existieren bzw. diesen „überleben".

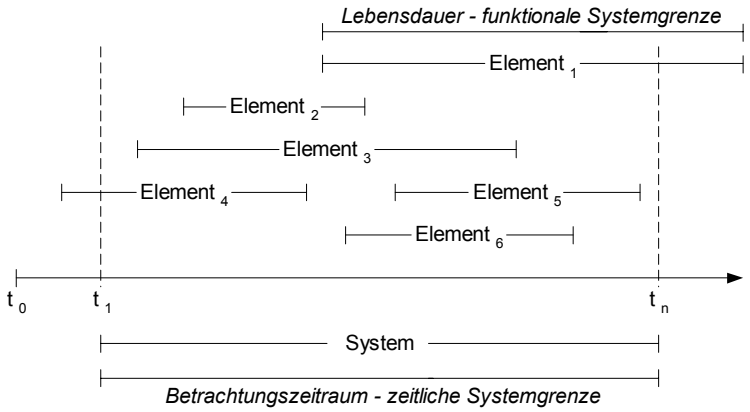


Abb. 2.5: Zeitliche und funktionale Systemgrenzen

2.1.2 Elemente

Die Elemente sind die zentralen Komponenten eines Systems. Durch die Systemgrenzen sind sie als zum System gehörig bestimmt und bilden dessen (materielle) Basis. Elemente können ihrerseits Systeme sein, sie werden dann als Sub- oder Untersysteme bezeichnet. Ihr Zusammenwirken

bestimmt die Funktion des Systems. Wird ein Element beeinflußt, so hat dies innerhalb des Systems über die zwischen den Elementen bestehenden Relationen auch Auswirkungen auf andere Elemente.

Im System Gebäudebestand werden die Gebäude als Elemente bestimmt. Gebäude wiederum sind in sich so komplex, daß sie als Subsystem zu betrachten sind. Infrastruktur verbindet bzw. vernetzt Gebäude. Dies gilt nicht nur für die Verkehrserschließung, sondern auch für Ver- und Entsorgungsnetze. Diese Netze können im Sinne der Systemtheorie ebenfalls als Elemente bezeichnet werden (wenn als System beispielsweise eine „Stadt" definiert ist); in Bezug auf den Baubestand können sie in einigen Fällen auch als (materielle) Relation interpretiert werden.

2.1.3 Relationen

Die Relationen (Beziehungen) zwischen den Elementen bestimmen wesentlich die Funktion eines Systems. Gemäß der Systemtheorie sind Relationen notwendig für die Systemhaftigkeit - ohne Beziehungen zwischen den Elementen spricht man nicht von einem System, sondern von einer Menge im mathematischen Sinne. Relationen können *materieller* oder *nichtmaterieller* Natur sein; sie bestimmen die Organisation eines Systems und bilden die Systemstruktur. Diese kann linear sein, ist bei komplexen Systemen jedoch überwiegend vernetzt. Meist bilden sie Ursache- Wirkungsbeziehungen. Es können Rück-, Fern- und Wechselwirkungen auftreten, die eine gewisse Dynamik innerhalb eines Systems hervorrufen.

Im Gebäudebestand zeigen sich solche Relationen überwiegend räumlich; hier gibt es materielle Beziehungen durch die Vernetzung über die Infrastruktur (Versorgungsnetze, Erschließung). Auch der Zustand von Gebäuden hat wechselseitige Auswirkungen auf die Nachbarschaft; befinden sich Gebäude in einem schlechten Zustand, so ändert sich meist durch geringere Mieten die Sozialstruktur, was wiederum Auswirkungen auf die Nachbargebäude hat. Räumliche Relationen können auch über größere Entfernungen auftreten - gehören Gebäude zu einem Industriekomplex mit starken Emissionen, so haben diese wiederum Auswirkungen auf die Umgebung.
Darüberhinaus bestehen auch nicht räumlich bedingte Relationen. So gibt es beispielsweise finanzielle Abhängigkeiten, wenn für einen Gebäudebestand nur ein festgelegter Etat für die Instandhaltung zur Verfügung steht. Hier kann die Entscheidung hohe Investitionen für „wichtige" Gebäude zu tätigen dazu führen, daß für die Instandsetzung anderer Gebäude keine Mittel mehr vorhanden sind.

2.1.4 Funktionen

Ein System kann unterschiedlichste Funktionen erfüllen. Ein System kann als „Dienstleister" fungieren oder zur Herstellung von Produkten, es kann soziale Funktionen wie Sicherheit, Schutz etc. erfüllen oder biologische, wie Selbsterhaltung oder Vermehrung übernehmen. Die Frage nach Existenzgründen eines Systems kann auch bei der Frage nach seiner Funktion hilfreich sein. Die Funktion eines Systems kann nur durch das Zusammenwirken der Elemente über deren Relationen erfüllt werden. Hierdurch wird die Systemcharakteristik beschrieben.

Das System Gebäudebestand erfüllt viele Funktionen. Die übergeordnete Funktion kann als „Lebensraum" oder „Schutzhülle" im weitesten Sinne bezeichnet werden. Innerhalb dieser Gesamtfunktion werden auf der nächsten Hierarchieebene der Subsysteme die Funktionen spezieller. Sie werden durch die jeweilige Nutzung der Elemente (in diesem Falle der Gebäude) bestimmt. Diese kann sein: wohnen, arbeiten, produzieren, transportieren, kommunizieren, etc..

2.1.5 Dynamik

Die Dynamik beschreibt die Veränderung eines Systems. Sie wird durch die zeitliche Veränderung der Relationen zwischen den Elementen und dem Alterungsverhalten der Elemente selbst bestimmt. Sie hat unter anderem auch Auswirkungen auf die Größe des Systems (Änderung der im System befindlichen Gebäude, z. B. durch Neubau oder Abbruch), sowie den Zustand des Systems und seiner Elemente. Eine Analyse der Dynamik kann rückwirkend als einfache Input-Output Betrachtung erfolgen (im Sinne des beschriebenen funktionalen Konzepts) oder durch Analyse der Relationen (gemäß des strukturalen Konzepts); d. h. es wird entweder lediglich die Veränderung des Gesamtsystems festgestellt (black box), oder auch die sie bestimmenden Parameter untersucht. Für viele Untersuchungen ist jedoch eine genaue Analyse der systembestimmenden Parameter - vor allem der Funktionen des Systems und der Relationen zwischen den Elementen - unerläßlich.

Der Zweck der Systembetrachtung und der späteren Modellierung sind meist Simulationen unterschiedlich beeinflußter Dynamik und deren Auswirkungen. Die Dynamik wird dann über (interne) **System-** und (externe) **Umweltparameter** simuliert. Die internen Systemparameter sind gleichzusetzten mit den Relationen zwischen den Elementen. Externe Parameter wirken aus der Systemumgebung auf das System. Sie sind meist

in andere, externe Systemzusammenhänge eingebettet. Bei diesen Parametern handelt es sich meistens um zeitbezogene Funktionen im mathematischen Sinne. Sie sind systemunabhängig, d. h. Umwelteinwirkungen auf das System werden per Definition nicht vom System selbst gesteuert.

Im Falle des Systems „Gebäudebestand" wäre dies beispielsweise die Bautätigkeit. Sie wird extern durch Faktoren und Bedürfnisse, die ihren Ursprung meist in anderen Systemen haben, bestimmt. Auch innerhalb eines Systems können Größen auftreten, die nicht zwangsweise von Veränderungen außerhalb des Systems abhängig sind. Hier wäre die normale Alterung der Gebäude zu nennen, oder Systemkonstanten wie physikalische Konstanten, etc.. Eine Wirkungsbeziehung kann ebenfalls als Parameter fungieren, der zeit- oder ereignisabhängig ist.

Systemparameter haben einen entscheidenden Einfluß auf das Systemverhalten. Sie können Wirkungsbeziehungen verstärken oder abschwächen. Bei Veränderung eines oder einiger **kritischer Parameter** kann ein System bei gleicher Wirkungsstruktur ein quantitativ und qualitativ völlig unterschiedliches Verhalten zeigen. Gerade zur Identifikation dieser kritischen Parameter und der Parameter, die das System in der erwünschten Weise beeinflussen, werden Modelle und Simulation von Szenarien (mit unterschiedlicher Parameterkonstellation) benötigt.

2.2 Modelle

Die Theorie der Modellbildung basiert auf der allgemeinen Systemtheorie. Je nach Systembeschreibung und Untersuchungsziel wird für die Modellbildung ein anderer Ansatz gewählt und für die künftige Modellierung definiert und festgelegt.

Es gibt eine Vielzahl von Assoziationen, die bei dem Begriff „Modell" hervorgerufen werden. Je nach Fachdisziplin reichen diese vom physisch vorhandenen Architekturmodell, über Pläne, virtuelle Modelle im Computer, bis hin zu rein abstrakten Modellen in der Physik oder Mathematik, in Form von Funktionsdiagrammen oder mathematischen Formeln. Egal welche Ausprägung ein Modell erhält, es ist immer eine **abstrahierte, reduzierte Abbildung** eines realen Systems oder Objekts.

Anhand der üblicherweise in den Disziplinen Architektur und Städtebau benutzten „Modelle" sollen einige Grundsätze von Modellen erläutert werden. Zunächst liegt hier bei dem Begriff „Modell" die Assoziation mit

dem klassischen, physisch vorhandenen, räumlichen Architektur- bzw. Städtebaumodell nahe. Auch Pläne (Grundrisse, Ansichten, Schnitte) bilden in einem bestimmten Abstraktionsgrad die Wirklichkeit ab und sind im Sinne der Modelltheorie als „Modell" zu verstehen. Der Aussagegehalt von Planzeichnungen und Architekturmodellen ist jedoch völlig unterschiedlich. Der Zweck der Modellbildung bestimmt die Wahl des Modells. Ein Architekturmodell verdeutlicht dreidimensionale, räumliche Zusammenhänge. Ein wesentlicher Zweck ist die Überprüfung eines neuen Baukörpers in ein vorhandenes Gefüge oder die Veranschaulichung für den Bauherren, der mit dem Abstraktionsgrad von Plänen oft in seiner Vorstellungskraft überfordert ist.
Für Maßangaben, Angaben zu Materialien, die Lage der Armierung etc. ist dagegen das Architekturmodell nicht sinnvoll. Hier wird auf die Darstellung in Form von Plänen zurückgegriffen. Neben der Wahl des „Modelltyps" bestimmt der Zweck auch den Grad der Abstraktion. Dieser wird in der Architekturdarstellung durch den Maßstab bestimmt. Der Begriff des „Maßstabs" wird auch in dem in dieser Arbeit beschrieben Modell noch eine wesentliche Rolle spielen (s. Kap. 4.2.1 S. 83). Soll ein räumliches Konzept veranschaulicht werden, so reicht der Umriß des Gebäudes im Lageplan 1:1000 oder 1:500 aus. Bei konstruktiven Anschlüssen muß, je nach Komplexität, auf den Maßstab 1:10 oder 1:5 zurückgegriffen werden. Hieraus wird ersichtlich, daß der Maßstab auch immer mit der Abstraktion der Komplexität in Zusammenhang steht.

Diese Modelle dienen generell der Veranschaulichung einer statischen Situation. Sie beschreiben einen *Zustand* eines Objekts (Gebäude), das selbst oftmals noch nicht vorhanden ist. Auch diese Art der Modelle kann für Simulationen verwendet werden, was vorrangig in den Ingenieurdisziplinen vorkommt. Hier werden Modelle gebaut, die beispielsweise ein Tragwerk darstellen. Im Versuch werden unterschiedliche Lastfälle simuliert, um das Tragwerksverhalten zu untersuchen. Heute werden solche „Modellversuche" meist gänzlich im Computer simuliert (z. B. Tragwerksverhalten von Brückenkonstruktionen mit unterschiedlichen Wind- und Verkehrslasten, oder Tragwerke im Hinblick auf Erdbebensicherheit).

Zusammenfassend lassen sich folgende grundlegende Aspekte eines Modells beschreiben:

- ein Modell ist ein **abstraktes Abbild** der Realität
- der Zweck bestimmt die **Art der Modellierung**
- der Zweck bestimmt den **Grad der Abstraktion**
- ein Modell erlaubt **Simulationen**, die Auswirkungen unterschiedlicher Manipulationen veranschaulichen

Bei der Simulation unterschiedlicher Szenarien ist jedoch immer zu beachten, daß ein Modell *nicht* das Original ist und immer Unsicherheiten bestehen, ob das Objekt- bzw. Systemverhalten im Modell in allen Aspekten richtig wiedergegeben ist. Ein Modell kann immer nur einen *Verhaltensbereich* eines realen Systems wiedergeben. Der Fokus des Bereichs wird durch den Modellzweck bestimmt. Je genauer der Modellzweck formuliert wird, desto präziser kann bei der Modellentwicklung gearbeitet werden und desto größer wird die Zuverlässigkeit der Aussagen sein, die anhand des Modells erarbeitet werden sollen.

Das Modell muß prinzipiell über die gleichen Komponenten wie das System verfügen. *„Es muß eine Wirkungsstruktur mit entsprechenden Systemparametern aufweisen und auf Einwirkungen aus der (simulierten) Systemumgebung reagieren können."* [BOS 94, S.27]
Ein Modell entsteht immer in Abhängigkeit von einer bestimmten Problemstellung. Es soll Antworten auf vordefinierte Fragen liefern. Somit wird der Modellzweck und damit auch die Modellbildung von der jeweiligen Fragestellung beeinflußt. *„Die Beschränkung des Antwortbereichs und des Modellzwecks ist auch eine Frage der Effizienz. Ein allgemeingültiges Supermodell ist nur mit hohem Aufwand erstellbar und wäre für spezielle Problemstellungen ineffizient."* [BOS 94, S.28]

Bei der Modellbildung wird die Komplexität des Systems auf die für den Modellzweck wesentlichen Komponenten reduziert. Soll ein Modell das dynamische Verhalten eines Systems simulieren, so muß es über die gleiche Verhaltensweise verfügen wie das System selbst. Untersuchungen, die auf Modellsimulationen basieren, können sowohl dem Verstehen der Struktur und Funktion des realen Systems dienen (Analyse), wie auch mittels Simulation unterschiedlich auf das System einwirkender Parameter mögliche Verhaltensweisen vorhersagen (Prognose).

Um ein Modell zu erstellen, ist zunächst eine ausführliche Analyse des zu modellierenden Systems erforderlich. Hierfür muß das System definiert und die wesentlichen Teile, die zu modellieren sind, in ihren Eigenschaften beschrieben werden. Wenn die einzelnen Systemkomponenten analysiert sind, wird ein Modellansatz entwickelt.

2.2.1 Modellansätze

Bossel [BOS 94] unterscheidet generell zwei Modellansätze: *„Verhaltensbeschreibung zur Verhaltensnachahmung"* und *„Systembeschreibung zur Verhaltenserklärung"*. Demnach führen Beobachtungen des historischen

Verhaltens während eines festgelegten Zeitraums unter bestimmten Umfeldeinwirkungen zur **Beschreibung von Verhalten** (folgt dem funktionalen Konzept nach Ropohl, (s. Kap. 2.1 S. 21)) ohne weitere Analyse des Systems. Reagiert das System immer in der gleichen Weise, so kann auf eine entsprechendes Verhalten unter gleichen Bedingungen auch in Zukunft geschlossen werden. Bei Eintreten von zuvor nicht beobachteten Ereignissen würde dieses Modell jedoch versagen. Definitionsgemäß wird nicht der Versuch unternommen, die im realen System vorhandenen Prozesse zu verstehen. Bei der Modellentwicklung steht die Anpassung großer Datenmengen aus Zeitreihenbeobachtung im Vordergrund.

Soll ein bisher nicht beobachtetes (d. h. zukünftig mögliches) Verhalten als Reaktion auf bislang nicht aufgetretene Ereignisse simuliert werden, um einerseits die Entwicklungsmöglichkeiten des Systems kennenzulernen und andererseits die Bedingungen und Möglichkeiten für einen Systemwandel zu untersuchen und zu verstehen, so muß das Modell aus der **Beschreibung der Wirkungsstruktur** (folgt dem strukturalen Konzept nach Ropohl, (s. Kap. 2.1 S. 21)) abgeleitet werden.
Hierbei steht das Erkennen der für das Systemverhalten entscheidenden Prozesse im Vordergrund. Der Datenbedarf bei der Modellerstellung besteht dann aus einer Menge Daten über die *„(...) Wirkungsbeziehungen in der Systemstruktur und aus den charakteristischen Parametern der verschiedenen Prozesse."* [BOS 94, S. 33], [BOS 94, S.29ff]

In der Theorie lassen sich beschreibende und erklärende Modelle zwar eindeutig unterscheiden, in der Praxis werden jedoch erklärende Modelle in Reinform kaum anzutreffen sein. In der Realität wird meist eine Mischform sinnvoll sein, da nicht jedes System die vollständige Ermittlung seiner Wirkungsstruktur erlaubt und die erforderlichen Eingangsdaten nicht in einem akzeptablen Zeitrahmen zu erarbeiten sind. Meist muß auf eine Verhaltenbeschreibung zur Darstellung der Wirkungsprozesse zurückgegriffen werden. Bossel spricht hier von einer *„grey box"* oder einem *„opaquen"* Originalsystem [BOS 94].

2.2.2 Modellbildung

Die Modellbildung ist immer durch Abstraktion charakterisiert. Aufgrund eines definierten Modellzwecks folgen Auswahl- und Entscheidungsprozesse, die auf Bewertungen beruhen. Es ist nur teilweise möglich, diese Prozesse zu objektivieren. Daher müssen alle Schritte, die im Laufe des Abstraktionsprozesses stattfinden, einer umfassenden Gültigkeitsprüfung unterzogen werden.

Bei der Frage nach der Gültigkeit des Modells sind nach [BOS 94] vier Aspekte zu belegen, damit das Modellsystem das Originalsystem für den Modellzweck vertreten kann. Diese Aspekte sind:

- Verhaltensgültigkeit
- Strukturgültigkeit
- Empirische Gültigkeit
- Anwendungsgültigkeit

Die **Verhaltensgültigkeit** muß zeigen, daß das Modellsystem für die Anfangsbedingungen und Umwelteinwirkungen des Originalsystems, qualitativ das gleiche dynamische Verhalten erzeugt. Der Nachweis, daß die Wirkungsstruktur des Modells der Wirkungsstruktur des realen Systems entspricht muß in der **Strukturgültigkeit** erbracht werden. Die **Empirische Gültigkeit** fordert, daß numerische und logische Ergebnisse des Modellsystems den empirischen Ergebnissen des realen Systems entsprechen bzw. konsistent und plausibel sind (wenn Beobachtungen am realen System fehlen). Bei der **Anwendungsgültigkeit** muß schließlich gezeigt werden, daß Modell und Simulationsmöglichkeiten den Anforderungen des Anwenders entsprechen. (vgl. [BOS 94, S. 36]) Die Gültigkeit dieser einzelnen Aspekte muß nur für den jeweiligen Modellzweck nachgewiesen werden.

2.3 Von der Systemanalyse zur Modellbildung

Die Arbeitsschritte, die der Prozeß von der Systemanalyse zur Verhaltensanalyse erfordert, werden im folgenden noch einmal zusammengefaßt:
Die Aufgabenstellung bestimmt den **Modellzweck**. Dieser wiederum legt Art und Umfang des Modellinhalts fest. Gemäß des Modellzwecks erfolgt die **Systemdefinition,** d. h. die Festlegung der Systemgrenzen. Bei der **Systemanalyse** wird die für den Modellzweck relevante Wirkungsstruktur zunächst verbal und dann in einem Wirkungsdiagramm festgehalten. Danach erfolgt eine **qualitative Analyse** der Wirkungsstruktur. Zur Erarbeitung eines simulationsfähigen Modells, mit dessen Hilfe Berechnungen durchgeführt werden sollen, ist im nächsten Schritt eine **Analyse der Dimension** der Wirkungsstruktur erforderlich. Elemente müssen in ihrer Bedeutung und Quantität festgelegt werden. Ebenso müssen die Wirkungsbeziehungen über **Parameterwerte** quantifiziert werden. Daraus entsteht dann das **Simulationsdiagramm**. Dieses bildet die Grundlage für das **Simulationsprogramm**. Es erfolgt eine **Überprüfung der Gültigkeit** für die Modellstruktur. Eventuell muß die

gewählte Darstellungsform geändert werden. Eine letzte Überprüfung sollte hinsichtlich der **Möglichkeit der Vereinfachung** der Systemstruktur erfolgen.

Wenn alle modellspezifischen Angaben erfaßt sind, erfolgt dann eine **Umsetzung** in ein Programm. So steht das Modell für die **Simulation** des Systems prinzipiell zur Verfügung. Nun sind die Anfangswerte des Realsystems in das Modell einzusetzen. Im nächsten Schritt sind für die Festlegung von **Szenarien** die relevanten System- und Umweltparameter festzusetzen. Bei komplexen Systemen kann die Anzahl der Parameter immens sein und die Konsistenz der bestimmenden Parametersätze trägt erheblich zu der Qualität der Ergebnisse bei. Die **Darstellung** der Ergebnisse kann über Tabellen und Graphiken erfolgen. (vgl. [BOS 94, S.40ff])

Bevor Ergebnisse aus den Modellrechnungen für Prognosen verwendet werden können, ist eine **Validierung** notwendig. Hierbei ist das Modellsystem einer Gültigkeitsprüfung zu unterziehen. Diese muß hinsichtlich Struktur-, Verhaltens-, empirischer und Anwendungsgültigkeit erfolgen. **Sensitivitätsanalysen** bezüglich des Modellverhaltens sollten ebenfalls im Rahmen der Validierung stattfinden. Mit Hilfe von Sensitivitätsanalysen lassen sich mittels der Szenarien **kritische Parameter** identifizieren. Auf Grundlage der Ergebnisse aus unterschiedlichen Szenarien läßt sich das **Verhalten eines Systems** hinsichtlich unterschiedlicher externer Parameterkonstellationen analysieren und diskutieren.

Die Zielsetzung dieser Arbeit erfordert vor allem eine *qualitative* Systemanalyse. Darauf aufbauend werden Grundlagen für eine Modellierung vorgestellt. Es wird *kein* Simulationsprogramm vorgestellt, da dies erst für einen speziellen Zweck sinnvoll zu programmieren ist und somit der Flexibilität der hier zu erarbeitenden Grundlage widersprechen würde. Möglichkeiten der Quantifizierung einzelner Parameter, sowie Schritte zur Validierung und mögliche Sensitivitätsanalysen werden am Ende der Arbeit beispielhaft gezeigt.

3 Systemanalyse

Der Gebäudebestand, der als ein komplexes, offenes System zu betrachten ist, tritt mit der Umwelt (Systemumgebung) auf verschiedenen Ebenen in Interaktion. Dabei kann auch in diesem technischen System von einem „Stoffwechsel" gesprochen werden. Diese Betrachtung bietet die Grundlage für Untersuchungen zu Energie- und Stoffströmen. Ressourcen (Rohstoffe, Energie, etc) werden von dem System aufgenommen, teilweise gespeichert und, meist in umgewandelter Form, wieder an die Umwelt abgegeben. Um diese Vorgänge zu analysieren müssen zwei Systeme betrachtet werden: der Gebäudebestand und das Gebäude als dessen Subsystem. Bei der folgenden Analyse beider Systeme soll jeweils ein **„Standardsystem"**, d. h. ein möglichst allgemeingültiges Systemverhalten beschrieben werden, welches dann die Basis für die spätere Modellierung darstellt.

Nachdem im vorherigen Kapitel die Systemkomponenten generell beschriebenen wurden, werden diese nun auf die Systeme Gebäudebestand und Gebäude übertragen. Die Analyse des Systems Gebäudebestand kann - je nach Abstraktionsgrad und Untersuchungszweck - nach allen drei Systemkonzepten von Ropohl [ROP 77] erfolgen (s. Kap. 2.1 S. 21). Das hierarchische Konzept beschreibt den generellen Aufbau und die Hierarchieebenen zwischen dem System Gebäudebestand, dem Subsystem Gebäude und den darin wiederum enthaltenen Elementen. Die Analyse der Wirkungsstruktur, d. h. der innerhalb der Systeme existierenden Relationen, folgt dem strukturalen Konzept. Die gänzlich abstrahierte Betrachtung der Ressourcenströme (Input-Output) entspricht dem funktionalen Konzept .
Neben der systemimmanenten Wirkungsstruktur werden einige externe Systemparameter, die der Bewirtschaftung des Systems Gebäudebestand zuzurechnen sind, am Ende dieses Kapitels aufgezeigt.

3.1 System Gebäudebestand

Die Beschreibung *aller* systemrelevanten Elemente, Relationen, Funktionen und deren die Dynamik bestimmenden Parameter, ist bei einem so komplexen System wie dem Gebäudebestand unmöglich. Daher müssen bereits bei der Beschreibung des Systems erste Abstraktionen und Reduk-

tionen vorgenommen werden. Dies geschieht im Hinblick auf die prinzipielle **Struktur**, die für Untersuchungen von Energie- und Stoffströmen erforderlich ist.
Für die Analyse ist zunächst eine einfache Betrachtung gemäß des hierarchischen Konzepts nach Ropohl sinnvoll. Drei **Hierarchieebenen** werden eingeführt: Gebäudebestand, Gebäude und Elemente.

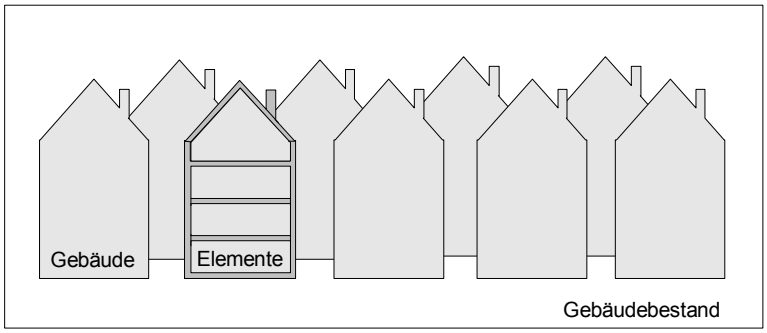


Abb. 3.1: Hierarchieebenen Gebäudebestand, Gebäude und Elemente

Um die Komplexität auf der obersten Hierarchieebene zu reduzieren, wird - für die spätere Modellierung des Standardsystems - der Gebäudebestand als eine **Menge von Gebäuden** definiert. Es werden für das Standardsystem zunächst *keine* Relationen zwischen den Elementen (den Gebäuden) beschrieben. Für etliche Untersuchungen z. B. im Hinblick auf die Struktur des Bestandes, die Zusammensetzung des Stofflagers und dadurch verursachte Stoffströme, ist diese vereinfachte Betrachtungsweise auf Bestandsebene zulässig. Die Analyse der Relationen wird dann erst auf Gebäudeebene notwendig.

3.1.1 Systemkomponenten

Relationen, die auf der Hierarchieebene „Bestand" zu betrachten sind, werden erst durch den konkreten Untersuchungszweck vorgegeben und sind dann für die Modellierung zu analysieren. Dies können beispielsweise bei räumlich definierten Gebäudebeständen Abhängigkeiten zu der Nachbarbebauung sein, da sowohl die Nutzung der Gebäude sowie ihr Verkehrswert nicht allein von dem Zustand des Gebäudes, sondern vor allem von der Lage und damit auch der Nachbarschaft bestimmt wird. Diese Relationen - quasi **interne Systemparameter** - der Nachbarschaft können zu **externen Systemparametern** werden, wenn Nachbargebäude *nicht* Elemente des Systems sind.

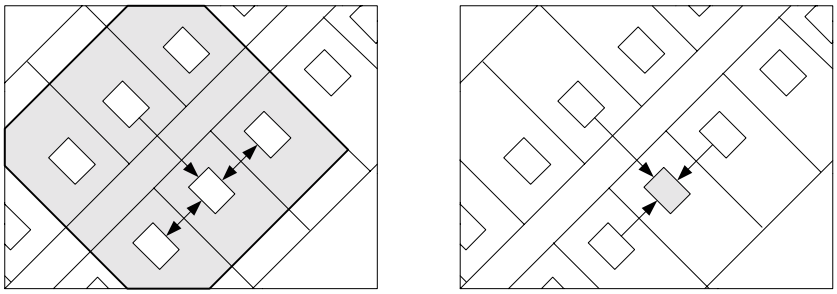


Abb. 3.2: Interne Relationen und externe Parameter in Abhängigkeit von der Systemdefinition

Bezieht sich der Untersuchungsaspekt auf die *räumliche* Nutzungsstruktur eines Gebäudebestands, so können hier die Beziehungen zwischen Wohngebäuden und entsprechenden Versorgungsgebäuden interessant sein - diese wären dann entsprechend zu analysieren.
Neben diesen räumlichen **Relationen** zwischen den Elementen können noch weitere Beziehungen bestehen. So kann z. B. das Budget eines Besitzers, welches ein Investitionsvolumen für mögliche Modernisierungsmaßnahmen bestimmt, eine Relation zwischen Gebäuden bilden. Je nach Investitionsentscheidung bestimmen dann Maßnahmen, die an einem Gebäude ausgeführt werden, den Umfang der finanzierbaren Maßnahmen an anderen Gebäuden.
Da die vielfältigen Relationen zwischen den Elementen in der Systemanalyse auf Bestandsebene für die Beschreibung des Standardsystems außer acht gelassen werden, müssen diese hier auch nicht definiert werden. Es ist jedoch bei jeder Untersuchung zu prüfen, ob Relationen zwischen den Systemelementen für die spezielle Modellbildung wichtig sind. Definitionsgemäß würden diese dann als interne oder externe Systemparameter im Standardsystem einfließen.

Mit Hilfe der **Systemgrenzen** wird bestimmt, welche Gebäude zu dem zu untersuchenden System gehören. Die primäre Systemgrenze bezeichnet daher das System Gebäudebestand, das den Untersuchungsgegenstand bildet. Hier werden überwiegend räumliche und/oder deskriptive Systemgrenzen eine Rolle spielen. Die Systemgrenzen, die den Bestand bzw. das System bestimmen, können aus beliebig vielen Eigenschaften bestehen - im Minimalfall ist das System mit *mindestens einer* Eigenschaft definiert und begrenzt, wenn sie für ein Gebäude die Unterscheidungsmöglichkeit „gehört zum System“ bzw. „gehört nicht zum System“ eindeutig zuläßt.

Unter deskriptiven Systemgrenzen sind alle Attribute - qualitativ und quantitativ - zu verstehen, die ein Element (Gebäude) bezeichnen können, z. B.:

- Nutzung
- Alter
- Besitzer
- m^3 Bruttorauminhalt
- etc.

Die Festlegung zeitlicher Systemgrenzen auf der Hierarchiebene Gebäudebestand bestimmt einen Untersuchungszeitraum (Bilanzzeitraum). Innerhalb des Systems werden zeitliche Systemgrenzen per Definition durch die Systemgrenze der Gebäude bestimmt. Funktionale Systemgrenzen spielen für die Definition des Systems Gebäudebestand keine Rolle. Sie treten erst innerhalb des Systems auf Gebäudeebene auf und beeinflussen die Dynamik.

Die **Funktion** des Gebäudebestands kann generell mit den Begriffen „Lebensraum" oder „Schutz" beschrieben werden. Je nach Definition der Systemgrenze kann die Funktion einen höheren Spezialisierungsgrad für den jeweiligen Untersuchungsfall erhalten. Werden beispielsweise alle Gebäude einer Wohnungsbaugesellschaft untersucht, so ist die oben bezeichnete generelle Funktion zusätzlich mit „wohnen" bestimmt. Wird das System definiert durch die räumliche Grenze eines Verwaltungsbezirks, entsteht wieder eine Funktionsmischung. Die primäre Funktion (Schutz, Lebensraum) bleibt jedoch immer erhalten.

Die **Elemente** sind die Gebäude, die durch die primäre Systemgrenze als zum Gebäudebestand gehörig festgelegt sind. Sie bilden ein Subsystem, das im folgenden Kapitel genauer analysiert wird.

3.1.2 Bestandsdynamik

Die **Dynamik**, die den Gebäudebestand beeinflußt, wird per Definition durch die Dynamik der Veränderung der Gebäude bestimmt. Hinzu kommt als Dynamik auf der Systemebene Gebäudebestand der **Neubau** und der **Abriß**. Diese beiden dynamischen Prozesse sind ausschlaggebend für die grundsätzliche Veränderung der im System befindlichen Elemente (Gebäude) und damit - je nach Fall - der Größe des Systems. Grundsätzlich sind dabei für das System Gebäudebestand drei Fälle zu unterscheiden:

- **Erneuerung** des Systems, „Ersatzneubau“, d. h. Neubau = Abriß, die Anzahl der Systemelemente bleibt gleich
- **Wachstum** des Systems, „Zusatzneubau“, d. h. Neubau > Abriß, die Anzahl der Systemelemente steigt
- **Schrumpfung** des Systems, „Abriß“, d. h. Abriß > Neubau, die Anzahl der Systemelemente sinkt.

Werden diese drei Fälle detaillierter betrachtet, so ist immer auch zu unterscheiden, in welcher Einheit und mit welcher genaueren Definition der Systemelemente (Attribute für die Gebäude) die Betrachtung stattfindet.

Auf der Systemebene Gebäudebestand ist die Einheit per Definition das Gebäude. Wird die Einheit beispielsweise in m^2 Bruttogeschoßfläche gemäß [DIN 277] angegeben, so kann auch im Fall Erneuerung bei gleichbleibender Zahl der Systemelemente ein Wachstum oder eine Schrumpfung stattfinden.
Bei dem Fall der Erneuerung ist zu berücksichtigen, inwieweit die strukturelle Betrachtung der Systemelemente erforderlich ist; d. h. bleibt die Gebäudenutzung gleich, oder werden Wohn- durch Nichtwohngebäude ersetzt, was zu einer strukturellen Änderung führt. Hinsichtlich der Untersuchung von Energie- und Stoffströmen wird es *immer* notwendig sein, die Systemelemente genau zu untersuchen - denn eine stoffliche Veränderung wird immer stattfinden.

Sowohl im Fall Wachstum wie auch im Fall Schrumpfung kann der Parameter Ersatzneubau zusätzlich auftreten und die Bautätigkeit - und damit auch die Menge der anfallenden Stoffströme - erheblich beeinflussen. Alle weiteren dynamischen Prozesse wie z. B. Erneuerung von Gebäuden, Umbau etc., werden auf Ebene Gebäude dargestellt (s. Kap. 3.2.4 S. 46).

Ein wesentlicher Faktor bei den dynamischen Prozessen ist die **Frequenz**, in der die oben genannten Maßnahmen stattfinden. Sie bestimmt im wesentlichen den Stoffstrom, der umso größer ist, je kürzer die Zeitabstände sind, die zwischen den Maßnahmen liegen. Im allgemeinen, und das ist die Besonderheit der Dynamik des Systems Gebäudebestand, handelt es sich um große Zeitkonstanten. Richtungsweisende Systemveränderungen werden erst mit langen Verzögerungseffekten sichtbar, und zwar positiv wie negativ. *„Nur knapp über 1 % des vorhandenen Gebäudebestandes entsteht jährlich neu. Von dem Baubestand, der im Jahr 2020 genutzt werden wird, existieren gegenwärtig also schon rund 80 %. Jede Politik eines umfassenden Stoffstrom- und Energiemanagements im Bauwesen wird ihre entscheidenden Einflußgrößen daher in einem intelligenten Management des Bestandes suchen. Die Trägheit des "Systems Gebäudebe-*

stand" wirkt ambivalent: Fehlentwicklungen werden erst mit relativ großen Verzögerungseffekten in ihren Auswirkungen deutlich - andererseits werden positiv steuernde Interventionen erst in langen Zeiträumen in ihren Wirkungen sichtbar." [ENQ 99; S. 1].

Die Entwicklung des Gebäudebestandes ist in Deutschland derzeit immer noch von Wachstum geprägt. Die jährlichen Neubauraten liegen weit über den Abrißraten, was zu der bereits in der Einleitung erwähnten erheblichen Differenz zwischen Input und Output führt .
Bei der Betrachtung dieser speziellen Dynamik wird deutlich, daß die Kenntnisse der Wirkungsstruktur innerhalb des Systems - in diesem Falle die Wirkungsstruktur der Subsysteme „Gebäude" - zwingend erforderlich ist, wenn über Interventionen und deren Ansatz- und Wirkungsmöglichkeiten hinsichtlich einer Veränderung in der Entwicklung diskutiert werden soll.

3.2 Subsystem Gebäude

In den folgenden Abschnitten werden die für die spätere Modellierung wesentlichen Systemgrenzen, Elemente, deren Relationen, Funktionen des Subsystems Gebäude, sowie dessen prinzipielle Dynamik analysiert. Die Systembeschreibung auf Gebäudeebene muß - im Gegensatz zu der Systembeschreibung auf Bestandsebene - möglichst umfassend sein.
Die Systembetrachtung erfolgt auch hier für das Standardsystem und muß vor allem hinsichtlich der Dynamik zunächst *neutral* erfolgen; d. h. nur auf das Gebäude selbst bezogen, wie es sich prinzipiell verhält, ohne spezielle Umwelteinflüsse, Standortfaktoren etc. miteinzubeziehen. Diese sind später als externe Parameter zu betrachten (s. Kap. 3.3 S. 62).

3.2.1 Systemgrenzen der Gebäude

Die Systemgrenzen sollen für die Standardmodellierung möglichst weit gefaßt werden. Sie müssen räumlich, zeitlich und funktional festgelegt werden. Als **räumliche Systemgrenze** wird für das Systemelement Gebäude die äußere Gebäudehülle festgelegt, wie sie als Grundlage der Berechnung des Bruttorauminhaltes nach [DIN 277] dient. Daraus folgt, daß sämtliche aus dem Gebäude führenden Teile (Rohrleitungen, Stromleitungen, etc.) in der Ebene der äußeren Gebäudehülle für die Modellierung „abgeschnitten" werden (s. Abb. 3.3: S. 41).

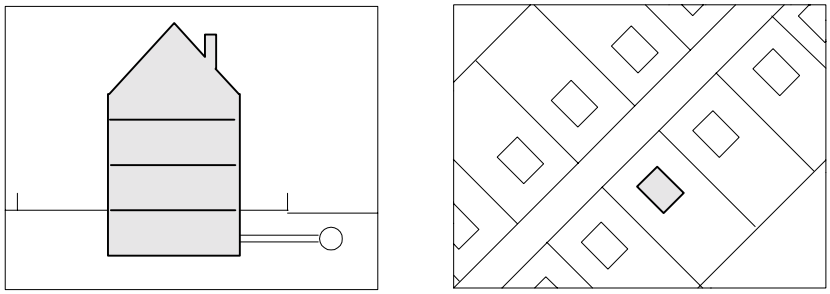


Abb. 3.3: Räumliche Systemgrenze „Gebäude"

In einigen Untersuchungen kann es notwendig werden, auch noch das Systemelement „Grundstück" zu betrachten. Das Systemelement Grundstück ist in der Modellhierarchie dem Systemelement Gebäude übergeordnet, da oft mehrere Gebäude einem Grundstück zugeordnet werden können. Betrachtet wird dabei die „Maßgebliche Grundfläche" gemäß Baunutzungsverordnung [BauNVO]. Die äußere Grundstücksgrenze bildet dann die räumliche Systemgrenze. Zusätzlich sind alle innerhalb der maßgeblichen Grundfläche liegenden Versorgungsleitungen, Oberflächenbeläge, Abgrenzungen (Zäune, Mauern, etc.) einzubeziehen. Grundstücke und Gebäude werden immer als zwei unterschiedliche Systemelemente betrachtet.

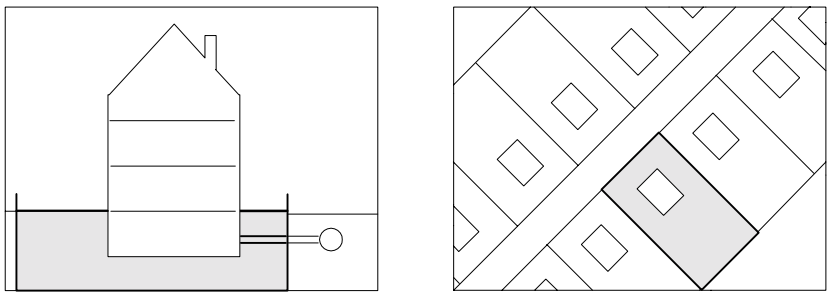


Abb. 3.4: Räumliche Systemgrenze „Grundstück"

Bezüglich der **zeitlichen Systemgrenze** soll die Möglichkeit bestehen, die gesamte Lebensdauer des Gebäudes von der Erstellung bis hin zum Abbruch abzubilden. Daraus ergeben sich folgende Phasen für den Gebäudelebenszyklus:

- Bauphase
- Nutzungsphase
- Abbruchphase

Hiermit sind jedoch nur diejenigen Phasen bezeichnet, die sich auf die rein physische Anwesenheit eines Gebäudes beziehen. Sämtliche innerhalb der Nutzungsphase auftretenden Prozesse werden im einzelnen bei der Analyse der Gebäudedynamik betrachtet (s. Kap. 3.2.4 S. 46).

Für viele Fragestellungen wären die zeitlichen Systemgrenzen in dieser Form für den Modellzweck jedoch zu eng gefaßt. Vor allem für die Untersuchung von Ressourcenverbrauch, Entwicklung des Bauschuttaufkommens, erforderlichen Deponiekapazitäten und Stoffströmen, sowie daraus resultierenden Umweltbelastungen, die durch ein Gebäude (und damit auch der dazugehörigen Baumaterialherstellung) verursacht werden, ist die zeitliche Systemgrenze zu erweitern. Sie muß den *materialbezogenen* Stoffkreislauf umfassen, d. h. von der Ressourcenentnahme bis zur Entsorgung, Deponierung etc. und deren Auswirkungen. Die zu betrachtende Prozeßkette sieht wie folgt aus:

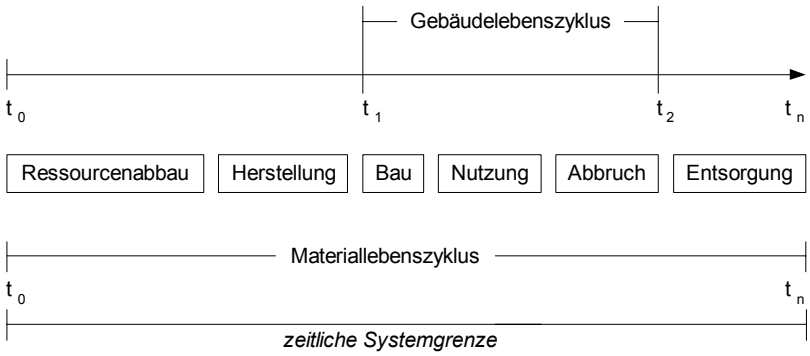


Abb. 3.5: Beziehung zwischen den zeitlichen Systemgrenzen „Gebäudelebenszyklus" und „Materiallebenszyklus"

Der Materiallebenszyklus durchläuft vor Eintritt in den Gebäudelebenszyklus und auch danach eine Reihe anderer Prozesse und Lagerzustände, deren Zeitkonstanten sehr unterschiedlich sein können (s. Abb. 3.6: S. 43). Entscheidend bei einer Bilanz sind jedoch *alle* Prozesse und deren Auswirkungen miteinzubeziehen; diese lassen sich mittels einer Lebenszyklusanalyse als Ökobilanz [BÖI 95] erfassen und sind bei der Modellierung zu berücksichtigen, dabei ist es nicht erforderlich, den Zeitpunkt der Entnahme der Ressourcen zu kennen.

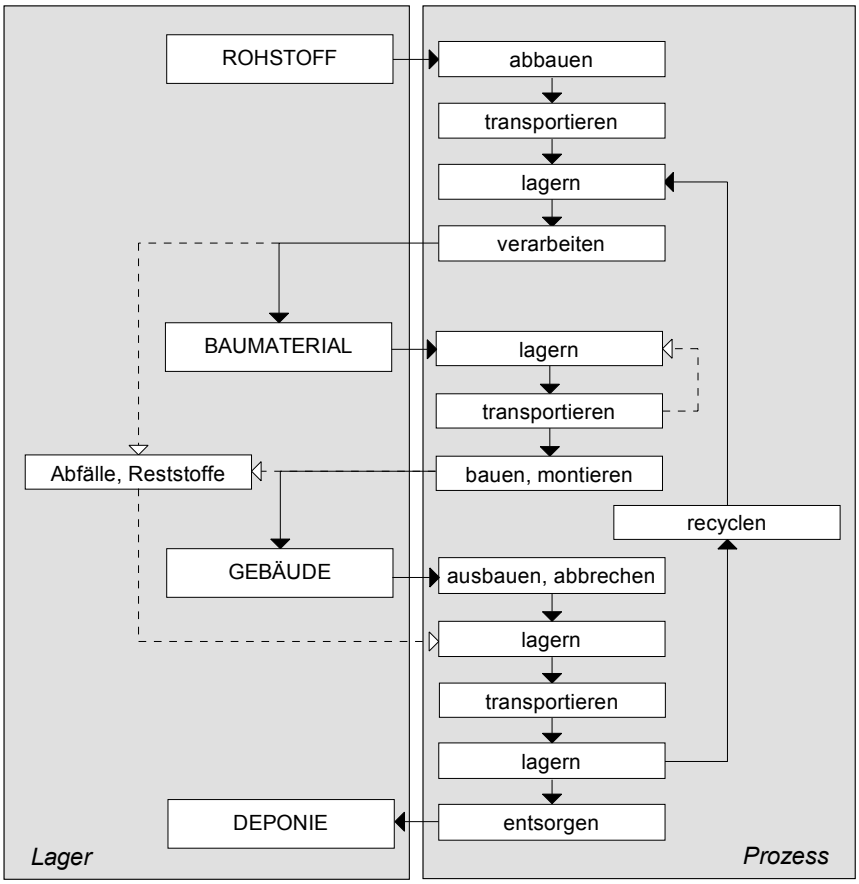


Abb. 3.6: Wandlungsprozesse und „Lagerung" im Materiallebenszyklus

Auf der Ebene Gebäude sind auch die **funktionalen Systemgrenzen** zu beachten. Sie beschreiben den Zeitraum, in dem ein Gebäude seine Funktion erfüllt. Zunächst ist der Begriff der Funktion in diesem Kontext zu definieren. Wie auch bei dem Gebäudebestand kann die Funktion eines Gebäudes allgemein mit „Schutz" oder „Lebensraum" bezeichnet werden. Für ein Gebäude wird die Funktion jedoch meist genauer definiert; sie wird durch die Nutzung des Gebäudes bestimmt. Diese prägt mehr oder weniger auch die Gestalt des Gebäudes.

Wird die Funktion mit Nutzung gleichgesetzt, so ist das Ende der funktionalen Systemgrenze dann erreicht, wenn eine Nutzung nicht mehr stattfinden *kann*. Die funktionale Systemgrenze ist für Gebäude jedoch *nicht* zwingend gleichzusetzen mit dem Ende der Lebensdauer, wie dies sonst bei technischen Systemen oft der Fall ist. So kann beispielsweise ein Produktionsgebäude, das aufgrund neuer Technologien und daher geänderten Anforderungen nicht mehr für die Produktion geeignet ist, eine neue Funktion erhalten. Das Gebäude kann eine Weile brach liegen und dann „wiederbelebt" werden.

Diese Sonderfälle werden für die Modellierung des Standardsystems jedoch außer acht gelassen. Sollten sie für eine Untersuchung eine Rolle spielen, so müssen diese in der Modellierung ergänzt werden. Für die „Standardanalyse" wird der Fall der Umnutzung bzw. Wiederbelebung nicht im Modell berücksichtigt. Ein Gebäude bekommt mit seiner Erstellung eine Funktion zugewiesen, die es über seine gesamte Lebenszeit behält. Die Lebensdauer eines Gebäudes ist für die spätere Modellierung festzulegen. Sie wird, abhängig von der Gebäudenutzung, bei der Standardmodellierung zwischen 60 und 120 Jahren liegen.

3.2.2 Funktion der Gebäude

Die Systemkomponente „Funktion" ist definitionsgemäß gleichzusetzen mit der Nutzung eines Gebäudes. Da ein Gebäude mehrere Nutzungen beinhalten kann, kann es auch mehreren Funktionsbereichen zugeordnet werden, z. B.:

- wohnen
- arbeiten
- lagern
- produzieren
- verwalten

Wie hier ersichtlich wird, können die Funktionsbereiche sehr allgemein definiert werden, z. B. „arbeiten", oder aber spezialisiert werden, z. B. „maschinelle Produktion". Da die Funktion einen wesentlichen Einfluß auf die Gestalt, Konstruktion und Größe eines Gebäudes hat, spielt sie auch für die spätere Modellierung eine Rolle (s. Kap. 4.2 S. 82).
Neben der Funktion des Gesamtsystems übernehmen auch die im System enthaltenen Elemente Funktionen. Diese können sein:

- tragen (Wände, Stützen, Träger etc.)
- abschließen (Wände, Dach etc.)
- heizen (Ölofen, Gastherme etc.)
- transportieren (Wasserleitung, Aufzug, etc.)
- etc.

Die Systemelemente können auch mehrere Funktionen übernehmen, z. B. ist eine Wand ein Raumabschluß, kann aber auch gleichzeitig eine tragende Funktion übernehmen. Die Definition der Funktion der Systemelemente spielt für die spätere Modellierung eher eine untergeordnete Rolle. Sie ist jedoch für das Verständnis des Systems erforderlich.

3.2.3 Elemente und Relationen der Gebäude

Die Elemente des Systems Gebäude lassen sich in zwei Elementgruppen unterteilen - eine *materielle* und eine *räumliche*. Die materielle Elementkomponente wird von den **Bauelementen** gebildet, darunter sind sowohl die konstruktiven Bauelemente, wie auch die Ausbauelemente und Haustechnikelemente zusammengefaßt. Die Bauteile beschreiben die materiellen Bestandteile eines Gebäudes. Ihre funktionale Systemgrenze, in diesem Zusammenhang auch als „technische Lebensdauer" bezeichnet, hat einen wesentlichen Einfluß auf die Dynamik (s. Kap. 3.2.4 S. 46).
Die Haustechnik wird auch bei den Systemelementen Bauteil erfaßt. Sie bildet gewissermaßen einen Sonderfall, da sie im Gegensatz zu anderen Bauteilen über eine stark vernetzte Struktur verfügt. Zu diesem strukturellen Unterschied kommt noch die direkte Abhängigkeit zu den außerhalb des Systems Gebäude stehenden Systemen der technischen Infrastruktur hinzu. Durch die Definition der Systemgrenzen wird das Bauteil „Haustechnik" jedoch an der Gebäudeaußenwand oder Grundstücksgrenze abgeschnitten (s. Kap. 3.2.1 S. 40). Die Kenntnis der Abhängigkeit zu dem lokalen oder regionalen System „Infrastrukturnetz" kann für manche Untersuchungen notwendig sein (z. B. Fernwärmeversorgung); dieses wird jedoch nicht im Rahmen dieser Arbeit analysiert.

Das Systemelement **Raum** beinhaltet sowohl das konstruktive Volumen der Bauelemente wie auch die Räume, die zwischen den konstruktiven Elementen entstehen. Das konstruktive Volumen ist dann erforderlich, soll der gesamte Bruttorauminhalt eines Gebäudes ermittelt werden. Für die spätere Modellierung eines Gebäudes können diese beiden Elementgruppen die Grundlage bilden.

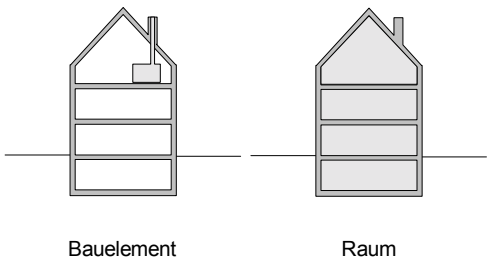


Abb. 3.7: Systemelemente „Bauelement" und „Raum"

Zwischen diesen Systemelementen herrschen einerseits geometrische Relationen, da die Bauelemente die Raumelemente begrenzen. Die Veränderung der Größe eines Elements hat immer Auswirkungen auf andere Elemente. Andererseits gibt es qualitative Relationen: so beeinflußt die Oberflächenbeschaffenheit der Bauelemente die Raumakustik ebenso

wie das Raumklima, die Relation zwischen Fensterflächen und geschlossenen Wänden hat Auswirkungen auf die Helligkeit, etc.

Für die Beschreibung eines Standardsystems können nicht alle Abhängigkeiten zwischen den Bauteilen abgebildet werden. So werden geometrische, thermische und akustische Beziehungen zwischen den konstruktiven Elementen im Standardsystem vernachlässigt.

3.2.4 Gebäudedynamik

Die Dynamik beinhaltet alle Prozesse der zeitlichen Veränderung des Systems Gebäude, d. h. es muß der Bezug zu den vorher festgelegten zeitlichen Systemgrenzen - hier per Definition der gesamten Gebäudelebensdauer - hergestellt werden. Primär lassen sich dann für Gebäude während des Lebenszyklusses drei Phasen unterscheiden:

- Neubauphase
- Nutzungsphase
- Abbruchphase

Die Phasen teilen den Lebenszyklus eines Gebäudes in unterschiedlich charakterisierte Abschnitte ein, die einen längeren Zeitraum in Anspruch nehmen. Die verschiedenen Prozesse, die innerhalb der einzelnen Phasen stattfinden, werden in den folgenden Abschnitten noch genauer analysiert. In der **Nutzungsphase** kann als Phase noch der Sonderfall „Brache" auftreten, d. h., daß ein Gebäude über einen Zeitraum nicht genutzt wird. Diese ist nur durch den natürlichen Alterungsprozeß gekennzeichnet - es finden sonst keinerlei Stoff- und Energieströme statt. Eine Fortsetzung der Nutzung wird dann meist durch einen Bauprozeß eingeleitet. Unabhängig davon, wieviel bei einer Neu- oder Umnutzung durch Bauprozesse verändert wird, wird solange von dem Labenszyklus eines Gebäudes gesprochen, wie überwiegend Teile der Grundsubstanz erhalten bleiben und kein Totalabriß stattfindet.

Innerhalb der Phasen finden **Bau-** , **Alterungs-** und **Betriebssprozesse** statt. Bauprozesse können dabei einen positiven, hinzufügenden Charakter besitzen oder einen negativen, reduzierenden Charakter. Die Begriffe positiv und negativ beziehen sich hierbei auf Addition bzw. Subtraktion von Bauteilen im System. Bauprozesse sind temporär auftretende Prozesse, wohingegen der Alterungsprozeß kontinuierlich stattfindet. Die Prozesse treten in den einzelnen Phasen in unterschiedlichem Ausmaß auf.

Die daraus resultierenden Energie- und Stoffströme werden im Rahmen der Funktionalen Systemanalyse betrachtet (s. Kap. 3.2.5 S. 56).

PHASEN	PROZESSE
Neubau	Bau
Nutzung	Bau, Alterung, Betrieb
Brache	Alterung
Abbruch	Bau

Tab. 3.1: Zuordnung der Prozesse zu den Phasen

3.2.4.1 Alterung

Während der gesamten Lebensdauer ist das Gebäude einem **Alterungsprozeß** ausgesetzt. Der Alterungsprozeß ist ein natürlicher, kontinuierlicher Prozeß, der tendenziell für alle Bauteile gleich verläuft. Je nach Nutzung (Funktion) und deren Intensität ist die Beanspruchung eines Gebäudes und dessen Bauteile unterschiedlich, d. h. der Alterungsprozeß einzelner Bauteile oder des gesamten Gebäudes schreitet unterschiedlich schnell voran. Neben der Nutzungsintensität nehmen auch Umwelteinwirkungen (Sonneneinstrahlung, Luftschadstoffe etc.) auf diesen Prozeß Einfluß.

Für jedes Bauelement läßt der Verlauf der Alterung in einer sogenannten **Alterungskurve** darstellen. Diese beschreibt die technische Lebensdauer (funktionale Systemgrenze) und ist vom Verlauf prinzipiell für alle Bauteile gleich - nur ihre Steigung ist je nach Bauteil unterschiedlich. Meyer [IPBAU 94] hat verschiedene Bauteile im Hinblick auf ihr Alterungsverhalten untersucht. Da sowohl Umwelteinflüsse wie auch Nutzerverhalten (z. B. regelmäßige Wartung) sowie die Nutzung selbst für den Alterungsprozeß eine Rolle spielen, wird bei [IPBAU 94] das Alterungsverhalten der Bauteile in Abhängigkeit unterschiedlicher Voraussetzungen hinsichtlich der Beanspruchung der Bauteile untersucht. Hier wird für jedes Bauteil eine Mindest- und Maximallebensdauerkurve dargestellt (s. Abb. 3.8: S. 48).

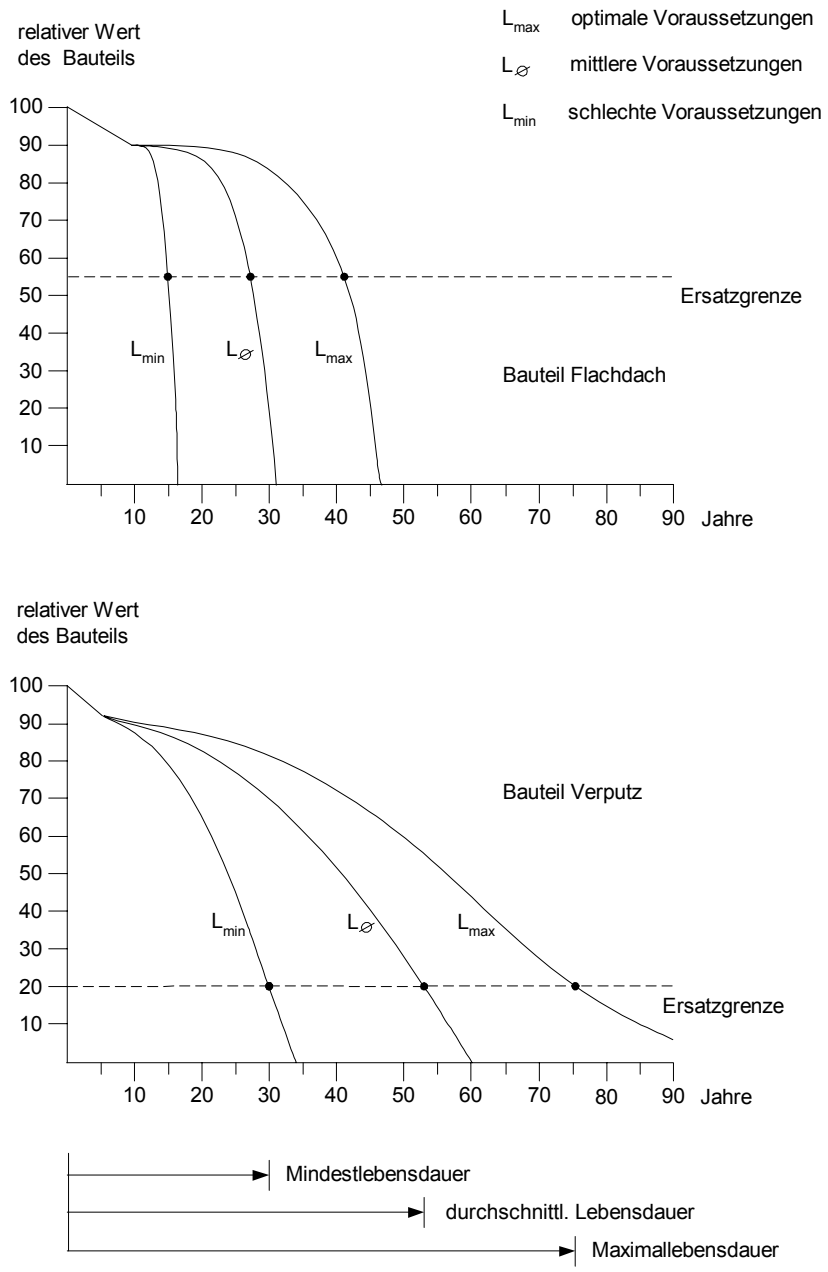


Abb. 3.8: Unterschiedlicher Alterungsverlauf der Bauteile „Verputz" und „Flachdach" nach [IPBAU 94]

Neben den unterschiedlichen Lebensdauern für verschiedene Bauteile werden bei [IPBAU 94] noch Unterschiede in der Lebensdauer von gleichen Bauteilen verschiedener Altersklassen festgestellt. Diese Tatsache ist bei der späteren Modellierung für die Grundlagendaten zu berücksichtigen. Weitere Untersuchungen hinsichtlich der Bauteillebensdauer finden sich auch in verschiedenen Studien [BMBau 94], [BMBau 01], [IEMB 98], [IPBAU 94_2] oder in der Grundlagenliteratur für die Wertermittlung [WertR 76].

Bauteil	Erstellungsjahr	durchschnittliche Nutzungsdauer
Verputz	1928 - 1937	52 Jahre
	1938 - 1947	50 Jahre
	1948 - 1957	36 Jahre
	1958 - 1968	30 Jahre
Fenster	1928 - 1937	55 Jahre
	1938 - 1947	47 Jahre
	1948 - 1957	36 Jahre
	1958 - 1968	35 Jahre

Tab. 3.2: **Beispiele für durchschnittliche Nutzungsdauern bis zum Ersatz von Bauteilen nach Erstellungsjahr** [IPBAU 94_2]

3.2.4.2 Bauprozesse

Im Gegensatz zu dem *natürlichen* Alterungsprozeß können Bauprozesse als *künstliche* dynamische Prozesse bezeichnet werden. Die erste Lebenszyklusphase eines Gebäudes (Neubauphase) wird ausschließlich durch Bauprozesse bestimmt. Bauprozesse in der Nutzungsphase sind haben unterschiedliche Ausprägungen und stehen entweder in direkter Abhängigkeit vom Fortgang des Alterungsprozesses - ein Bauteil erreicht das Ende seiner Lebensdauer bzw. seiner Funktionalität und muß mittels einer Baumaßnahme ersetzt werden -, oder sie finden vom Alterungsprozeß der Bauteile unabhängig aufgrund geänderter Nutzungsanforderungen des Gebäudes statt. Bauprozesse werden daher auf Gebäudeebene betrachtet und betreffen ein oder mehrere Bauteile. Da der Verlauf der Alterung auf Gebäudeebene nicht nur von den kontinuierlichen Alterungsprozessen der Bauteile geprägt ist, sondern auch von temporär auftretenden Bauprozessen, wird während der Nutzungsphase weiterhin auch der Begriff **Erneuerungsprozeß** verwendet, d. h., der Erneuerungsprozeß eines Gebäudes beinhaltet Alterungs- *und* Bauprozesse .

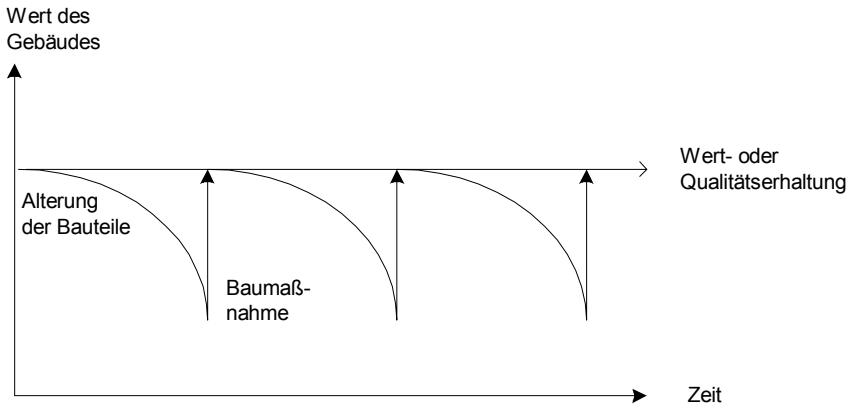


Abb. 3.9: **Prinzipieller Erneuerungsprozeß von Gebäuden in der Nutzungsphase**

Die Ausführung und Ausprägung eines Bauprozesses wird von zwei Faktoren bestimmt: den **Zustand** eines Bauteils als Resultat des Alterungsprozesses in Abhängigkeit der Nutzungsintensität, sowie die Nutzungsanforderung bzw. den **Bedarf** des Gebäudes. Je nach der Ursache und der entsprechenden Zielsetzung kann ein Bauprozeß unterschiedliche Auswirkungen haben.

Die Neubauphase als Beginn eines Gebäudelebenszyklusses ist eindeutig von einem Bedarf bestimmt. Während der Nutzungsphase findet dann quasi eine Überlagerung der verschiedenen Ursachenebenen statt. Sowohl Nutzungsanforderungen wie auch Zustand, d. h. der Bedarf sowie der natürliche Alterungsprozeß, bestimmen die Notwendigkeit der Maßnahmen. Neben den mehr oder weniger *kontinuierlich* stattfindenden Wartungsmaßnahmen, die den Alterungsprozeß der Bauteile beeinflussen, treten unterschiedliche Bauprozesse *periodisch* bzw. *temporär* auf. Für den Erneuerungsprozeß werden folgende Baumaßnahmen unterschieden:

- Instandsetzung
- Modernisierung
- Sanierung
- Renovierung
- Umbau
- Anbau
- Ausbau
- Restaurierung
- Rekonstruktion

Prinzipiell lassen sich die Maßnahmen unterscheiden in solche, die der reinen **Erhaltung** des Gebäudes dienen, und Maßnahmen, die eine grundsätzliche **Veränderung** an der Gebäudestruktur hervorrufen.

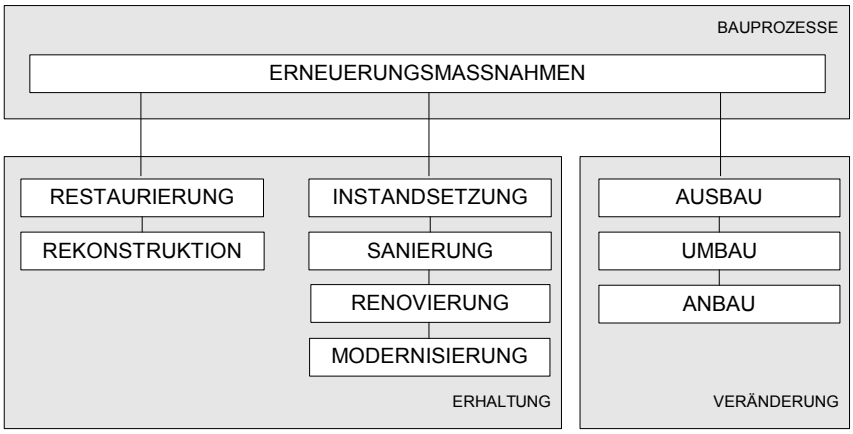


Abb. 3.10: Gliederung der Erneuerungsmaßnahmen

Maßnahmen, die der reinen Erhaltung dienen, drücken sich meist in einem Materialfluß aus, bei dem der Input dem Output weitgehend entspricht. Die Gesamtstruktur und die Materialmasse des Gebäudes bleiben im wesentlichen erhalten (eventuelle Gewichtsunterschiede bei neueren Materialien sind zu vernachlässigen). Das Gebäude ändert sich unter Umständen in seiner Materialzusammensetzung (ein Holzfenster wird durch ein Kunststoffenster ersetzt). Diese Maßnahmen dienen überwiegend der Werterhaltung eines Gebäudes bzw. der Anhebung auf das ursprünglich vorhandene Wert- bzw. Qualitätsniveau. Hierzu gehört als minimale Maßnahme der Unterhalt, der kleinere Arbeiten beinhaltet (z. B. Erneuerung von Anstrichen) sowie die Wartung der technischen Gebäudeinfrastruktur. Größere Maßnahmen werden als **Instandsetzung** bezeichnet. Der Begriff der Instandsetzung fällt gemäß der [DIN 31035] in den Bereich der Instandhaltung. Die [DIN 31035] ist ursprünglich für den Bereich Maschinenbau gedacht, findet jedoch im Rahmen des Immobilienmanagements inzwischen auch Anwendung im Bausektor [HOM 98]. Es läßt sich eine Verknüpfung zur [DIN 18960] „Baunutzungskosten" herstellen.

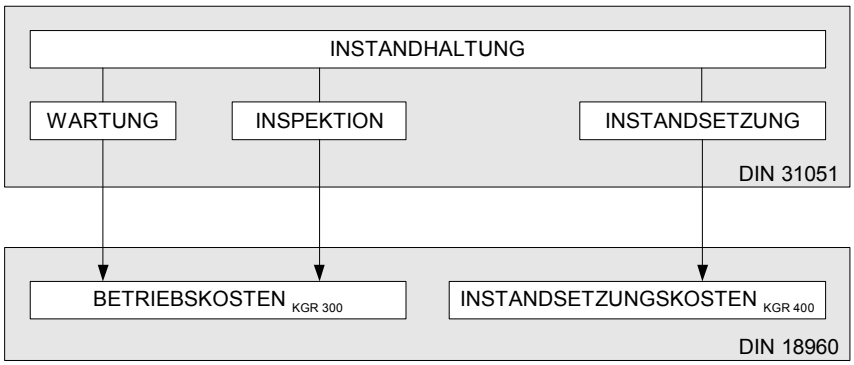


Abb. 3.11: Inhaltliche Verknüpfung der [DIN 31051] **und** [DIN 18960]

Mit Hilfe der [DIN 18960] lassen sich die Maßnahmen, die der Instandsetzung im Baubereich dienen, gemäß der Kostengruppe 400 (Instandsetzungskosten) definieren in

- Instandsetzung der Baukonstruktion (410)
- Instandsetzung der technischen Anlagen (420)
- Instandsetzung der Außenanlagen (430)
- Instandsetzung der Ausstattung (440)

Durch die Festlegung der räumlichen Systemgrenzen fällt die Gruppe 430 nicht in den Betrachtungsbereich. Die Gruppe 440 wird für die Betrachtung des Standardsystems ebenfalls ausgeklammert.
Bei alten Gebäuden, bzw. wenn eine regelmäßige Instandhaltung ausgeblieben ist und die Gebäude sich in einem sehr schlechten Zustand befin-

den, spricht man bei Instandsetzungsmaßnahmen auch von **Sanierung**. Dieser Begriff wird oft auch als Oberbegriff verwendet, ist jedoch in keiner DIN definiert. Bei einer **Modernisierung** wird ein Gebäude einem neuen, gehobenerem Standard angepaßt. Es findet eine *qualitative* Veränderung bereits vorhandener Flächen und Volumen statt. Dies bedeutet keine oder nur in geringem Maße eine strukturelle Veränderung, sondern meist eine Erneuerung der Haustechnik, Aufbringen zusätzlicher Dämmstoffe, sowie den Ersatz der bestehenden Fenster durch höherwertigere. Hier können aber auch räumliche Maßnahmen - Zusammenlegung kleiner Räume, neue Erschließung und Beseitigung gefangener Räume - zur Ausführung kommen. Die **Renovierung** umfaßt nur kleine Maßnahmen wie Anstriche, Tapetenwechsel oder Austausch von Bodenbelägen. Es findet nur ein Ersatz statt und kein struktureller Eingriff.
Als Sonderfall der erhaltenden Maßnahmen sind die **Rekonstruktion** und die **Restaurierung** zu sehen. Beide Maßnahmen sollen einen ehemals vorhandenen Zustand wiederherstellen, wobei im Falle der Restaurierung die weitgehende Erhaltung des Bestehenden im Vordergrund steht; bei der Rekonstruktion dagegen nicht mehr vorhandene oder zerstörte Bauteile wieder neu erstellt werden. Beide Maßnahmen tauchen vor allem im Zusammenhang mit denkmalpflegerischen Zielen auf.

Neben den Maßnahmen, die der Erhaltung des Gebäudes dienen, gibt es noch solche, die zu einer strukturellen **Veränderung** führen. Diese können sich im Volumen und damit in der Gesamtmaterialmenge des Gebäudes auswirken, oder in einer Änderung der Flächen, der Nutzung oder des Heizenergiebedarfs, etc..
Im Gegensatz zu Modernisierungen, wo die Grundstruktur des Gebäudes nur wenig oder gar nicht verändert wird, greifen **Umbauten** als Folge einer Nutzungsänderung meistens stark in die Gebäudestruktur ein und haben Flächen- und Volumenänderungen zur Folge. Unter **Anbau** ist die Erweiterung eines bestehenden Gebäudes zu verstehen, bei dem sich ebenfalls Volumen und Flächen ändern. Bei einem **Ausbau** hingegen ändert sich das Volumen nicht oder nur geringfügig (beispielsweise durch Dachgauben), und die Gebäudestruktur bleibt weitgehend unverändert. Verschiedene Maßnahmen können auch kombiniert erfolgen.

Neben dem Umfang sind die Maßnahmen auch nach deren Qualität differenziert zu betrachten (s. Abb. 3.12: S. 53). Hier wird unterschieden zwischen Unterhaltsmaßnahmen (Wartung, Renovierung), werterhaltende Maßnahmen (Instandhaltung) und wertsteigernde Maßnahmen (z. B. Modernisierung).

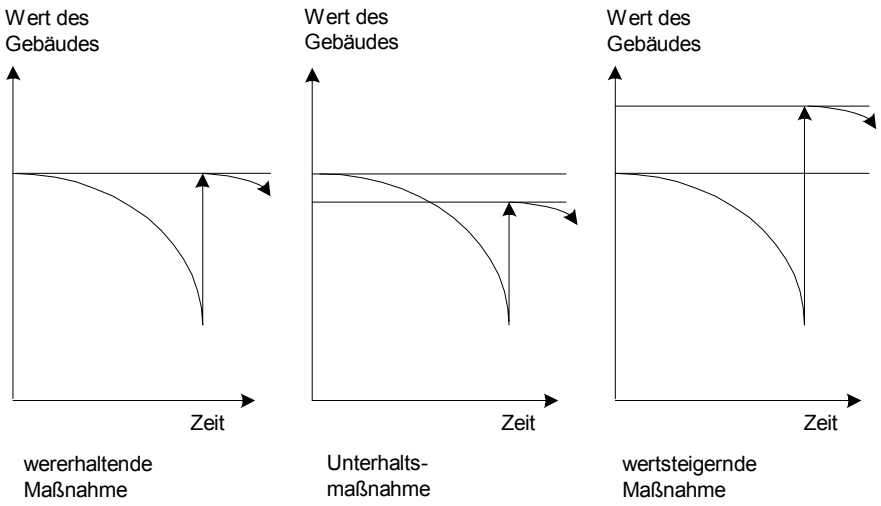


Abb. 3.12: Prinzipielle Qualität der Maßnahmen am Gebäude

Für das Standardsystem werden Alterungs- und Bauprozesse erfaßt, aber nicht alle hier vorgestellten Maßnahmenfälle. Die meisten gelten als Sonderfall. Der zu betrachtende Standardsystemfall geht zunächst von einer adäquaten, regelmäßigen Instandhaltung aus, d. h. daß ein Bauteil nach Ablauf seiner Lebensdauer ersetzt wird. Für die Bauprozesse in den einzelnen Phasen bedeutet dies unterschiedliche Stoff-, Energie- und Kostenströme, die in (s. Kap. 3.2.5 S. 56) dargestellt sind.

Die Bauteillebensdauer bestimmt üblicherweise nicht einen exakten Zeitpunkt, sondern einen Zeitraum, in dem eine Maßnahme stattfinden sollte. Es gibt jedoch einen kritischen Zeitpunkt - nämlich das Erreichen der funktionalen Systemgrenze - an dem das Bauteil versagt und unter Umständen der Schaden bei Nichterneuerung auch auf andere Bauteile übergeht und das Gebäude in seiner Substanz grundlegend schädigt (z. B. undichte Stellen im Dach - Wasserschäden). Dies kann soweit führen, daß der Erhalt des Gebäudes unter finanziellen Aspekten nicht mehr rentabel ist; die Folge davon ist meist der Abbruch. Für die Modellierung des Standardsystems wird hier von einem „optimalen" Ersatzzeitpunkt ausgegangen. Erst die Bewirtschaftungsstrategie als externer Systemparameter (vgl. Seite 62) bestimmten den genauen Zeitpunkt für die Erneuerung.

Die Abbruchphase beendet den Gebäudelebenszyklus; sie kann wie auch die Erneuerungsmaßnahmen durch geänderten Bedarf, oder durch einen schlechten Zustand des Gebäudes ausgelöst werden. Darüberhinaus spielt die Lage, d. h. das Grundstück, eine wesentliche Rolle. Wird dieses durch das daraufstehene Gebäude hinsichtlich seiner finanziellen Ertragsmöglichkeiten nicht optimal genutzt, so hat dies meist unabhängig vom Zustand des Gebäudes seinen Abbruch zur Folge.

Neben den dynamischen Prozessen, die die Veränderung der physischen Gebäudestruktur betreffen, gibt es während der Nutzungsphase noch die durch den Gebäudebetrieb verursachten Prozesse, die quasi kontinuierlich stattfinden. Diese **Betriebsprozesse** lassen sich anhand der [DIN 18960] definieren. Von Interesse sind hier die unter Kostengruppe 300 (Betriebskosten) aufgeführten Bereiche:

- Ver- und Entsorgung (310)
- Reinigung und Pflege (320)
- Bedienung der technischen Anlagen (330)
- Inspektion und Wartung der Baukonstruktion (340)
- Inspektion und Wartung der technischen Anlagen (350)
- Kontroll- und Sicherheitsdienste (360)
- Abgaben und Beiträge (370)
- Betriebskosten, sonstiges (390)

Außer der Gruppe 310, die in der Nutzungsphase auch eine ressourcenbezogene Relevanz hat, werden alle anderen Gruppen im Standardsystem nur in Bezug auf die Kosten berücksichtigt (d. h. es erfolgt keine Berücksichtigung in stofflicher oder energetischer Hinsicht, wenn beispielsweise eine Verschlechterung des Wirkungsgrades bei einer Heizanlage durch schlechte Wartung auftritt).

3.2.4.3 Strukturelle Hierarchie

Die dynamischen Prozesse - Alterung und Baumaßnahmen - greifen unterschiedlich stark in das System Gebäude ein und betreffen verschiedene Teile bzw. „Schichten“ innerhalb der konstruktiven Struktur eines Gebäudes. Für die Betrachtung der dynamischen Prozesse und die Charakteristik der späteren Modellierung ergibt sich sinnvollerweise bei der Systemanalyse die Betrachtung in einem **Primär-**, **Sekundär-** und **Tertiärsystem**.

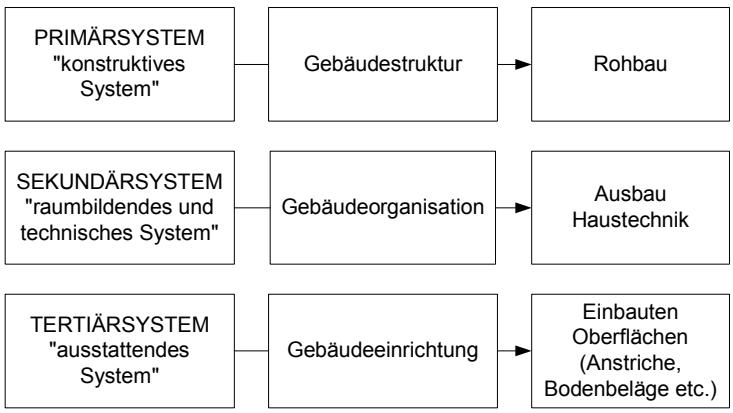


Abb. 3.13: Srukturelle Hierarchie im System Gebäude

Während des Bauprozesses wird zunächst das Primärsystem - der Rohbau - erstellt. Durch ihn wird die grundlegende Gebäudestruktur festgelegt. Dann folgt das Sekundärsystem (nichttragende Innenwände, technischer Ausbau), welches die innere Gebäudeorganisation bestimmt (Raumbildung und Performance). Das Tertiärsystem bestimmt zuletzt die Ausstattung des Gebäudes und ist als am flexibelsten anzusehen.

Der Erneuerungsprozeß wirkt sich in allen drei Systemen mit unterschiedliche Zeitkonstanten aus. Während das Primärsystem quasi als Systemgrundlage während der ganzen Lebensdauer des Systems (für das Basissystem unverändert) vorhanden ist, werden die Bauteile im Sekundär- und Tertiärsystem häufiger erneuert. Der Austausch bei der Erneuerung erfolgt hinsichtlich seiner Frequenz sozusagen in umgekehrter Reihenfolge wie die Herstellung des Gebäudes. Die Bauteile, die *zuletzt* hinzukamen, werden *zuerst* und am *häufigsten* erneuert.

Viele Gebäude behalten ihre Tragstruktur (Primärstruktur) sowie ihre räumliche Struktur während ihrer gesamten Lebensdauer. Betrachtet man den Gebäudebestand in Deutschland, so gibt es immer noch Gebäude, die seit hundert Jahren kaum verändert wurden - zum Teil fanden nicht einmal relevante Erneuerungsmaßnahmen statt (z. B. alte Industriehallen). Im Gegensatz dazu gibt es Gebäude, die zwar erst zwanzig Jahre alt sind, jedoch schon mehrfach umgebaut wurden, um neuen Anforderungen zu genügen (z. B. Bürogebäude). Aber auch hier ändern sich die Grundstrukturen der Gebäude wenig, und deren systembedingte Wirkungsstruktur quasi gar nicht.

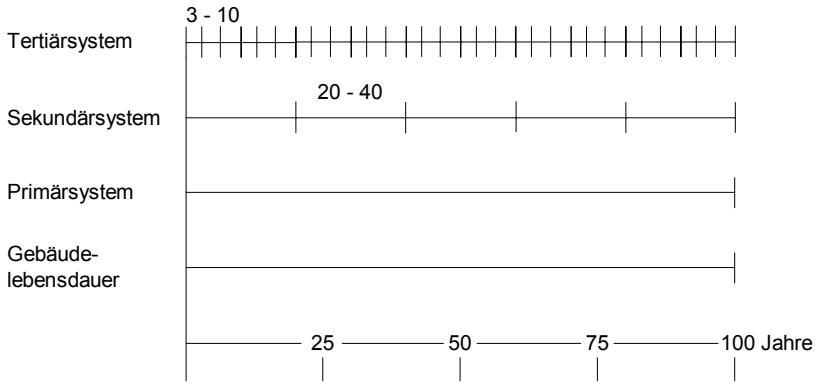


Abb. 3.14: Erneuerungsfrequenzen im Primär-, Sekundär- und Tertiärsystem

Betrachtet man die Verteilung der Baustoffmassen, so befinden sich bei Wohngebäuden je nach Altersklasse 79 - 89% in der Primärstruktur. Bei anderen Kriterien kann sich dieses Verhältnis verschieben; so ist die Primärstruktur bei der Verteilung des Primärenergieaufwandes nur noch mit

70 - 87% beteiligt. Zu untersuchen wären hier die Verhältnisse der Schadstoffbelastungen, die sich sicherlich in hohem Maße in der Sekundär- und Tertiärstruktur befinden.

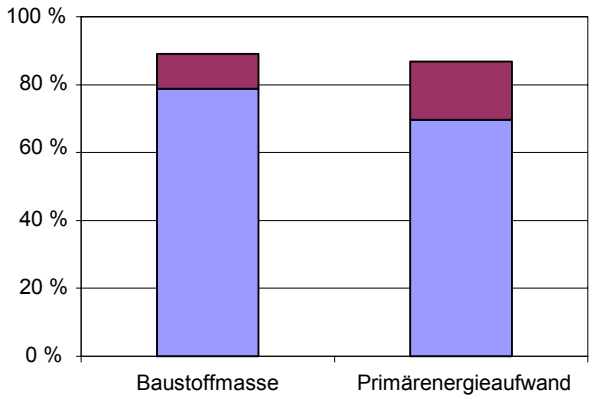


Abb. 3.15: Anteile (von-bis) der Baustoffmassen und Primärenergieaufwand in der Primärstruktur [WÖR 97], [KLO 98]

Für die Betrachtung des Standardsystems ist die Lebensdauer des Primärsystems gleichzusetzen mit der Lebensdauer des Gebäudes - d. h., daß sich ein Gebäude während seiner gesamten Lebensdauer strukturell nicht verändert. Daraus folgt, daß sich die Systemelemente Raum quantitativ ebenfalls nicht verändern. Sekundär- und Tertiärstruktur betreffen Elemente mit kürzerer Lebensdauer. Diese sind bei der Standardsystembetrachtung nicht nur von der Alterung, sondern auch von Baumaßnahmen bei der Instandhaltung betroffen. Sie haben aber nur eine *qualitative* und keine *strukturelle* Bedeutung für das Verhalten des Gesamtsystems. Einzige Ausnahme bildet hier die wärmetechnische Verbesserung und damit Reduktion des Energieverbrauchs bei Verbesserung der technischen Gebäudeausrüstung und der Wärmeleitfähigkeit der Außenwände.
Die Wirkungsstruktur des Systems Gebäude, d. h. das prinzipielle Verhalten des Gebäudes und seiner Elemente, bleibt von der Dynamik unberührt. Es ändern sich hingegen die Qualität, die Frequenz der Erneuerungszyklen, oder die stoffliche Zusammensetzung des Gebäudes.

Diese spezielle Charakteristik der Dynamik von Gebäuden ist eine wesentliche Grundlage für den später vorgestellten **modularen Modellansatz** (s. Kap. 4.1.2.1 S. 78).

3.2.5 Funktionale Systemanalyse - Betriebsprozesse

Auch in einem technischen System kann von einem „Stoffwechsel" gesprochen werden, wenn es sich - wie bei dem Gebäudebestand - um ein

offenes System handelt, und somit ein Austausch zwischen dem System und der Umwelt stattfindet. Dies bietet die Grundlage für die Betrachtung der Stoffströme nach dem funktionalen Konzept (s. Kap. 2.1 S. 21).

Die Systemanalyse der vorherigen Abschnitte betrachtet die Wirkungsstruktur des Systems Gebäude gemäß dem strukturalen Konzept nach [ROP 77], d. h. es wurden die einzelnen Elemente und deren Relationen - die Wirkungsstruktur - des Standardsystems untersucht. Bei der funktionalen Systemanalyse werden ausschließlich Input und Output betrachtet. Zwischen dem System und der Umwelt findet an der Systemgrenze der Austausch von **Ressourcen** statt. Dieser Austausch ist das Resultat dynamischer Prozesse, deren Zustandekommen und Wirkungsweise jedoch bei der funktionalen Systemanalyse nicht betrachtet wird.
Zunächst ist der Begriff „Ressource" in diesem Zusammenhang zu klären. Allgemein wird die Ressource als *„(...) Hilfsmittel, Reserve, Geldmittel; natürliches Produktionsmittel (Rohstoff) für die Wirtschaft"* [MEY 81] definiert. Im Zusammenhang mit Gebäuden und dem Gebäudebestand sind alle Ressourcen, die das System *bilden* und *versorgen*, d. h. sämtliche erforderlichen Rohstoffe, Energieträger, Wasser sowie die im Zusammenhang mit Gebäuden und Gebäudebeständen zur Verfügung stehenden Finanzmittel zu betrachten. Hinzu kommt der Flächenverbrauch, vor allem dann, wenn das Grundstück innerhalb der Systemgrenze liegt.

Mittels der funktionalen Systemanalyse können die Systeme Gebäude und Gebäudebestand auf einem sehr abstrahierten Grad als reine Überlagerung von Ressourcenflüssen betrachtet werden [KOH 00]. Räume, Konstruktion der Bauteile und deren Relationen spielen keinerlei Rolle.

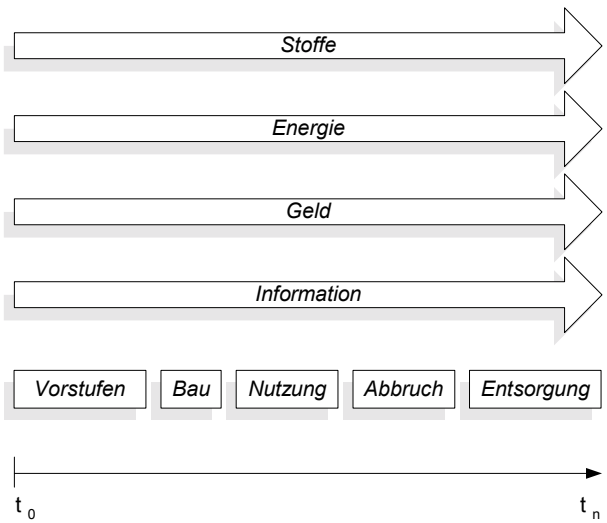


Abb. 3.16: Überlagerung der Ressoucenflüsse für eine integrierte Betrachtung nach [KOH 00]

Erfaßt wird bei der funktionalen Analyse die Qualität der Ressource und deren Menge bei Eintritt und Austritt des Systems. Um die exakte Verweildauer einzelner Ressourcen im System festzustellen, müssen diese bei der späteren Modellierung eindeutig klassifiziert werden; sonst kann beispielsweise eine Türe, die zum Zeitpunkt t_1 in das System eintritt und nicht weiter klassifiziert ist, bei Verlassen des Systems nicht identifiziert werden, wenn mehrere gleiche Türen im System vorhanden sind. Ebenso ist es bei einer bestimmten Menge Beton, Fenstern und Bodenbelägen etc. Die Spezifizierung der Ressourcen für die Modellierung geschieht am besten durch die Definition des Bestimmungsortes innerhalb des Gebäudes. Durch die Betrachtung des Systems als Überlagerung von Ressourcenströmen wird das System selbst zur Ressource.

Bedingt durch ihre zeitliche Verhaltensweise lassen sich zwei Arten der Ressourcenflüsse unterscheiden: diejenigen, die durch eine lange Verweildauer im System die Struktur des Systems bilden und damit das sogenannte **Stofflager**, und solche, die zum Gebäudebetrieb, zum „Gebrauch" bzw. „Verbrauch" und damit auch zur Funktionalität des Systems bestimmt sind, und das System nur passieren. Neben den unterschiedlichen Zeitkonstanten der Verweildauer im System ist die Veränderung einzelner Ressourcen zu betrachten. Einige Ressourcen ändern ihren Zustand im System, und einige bleiben - abgesehen vom Alterungsprozeß - praktisch unverändert. Dieses Verhalten hat einen wesentlichen Einfluß auf die Weiterverwendungsmöglichkeit bzw. Recyclingfähigkeit von Ressourcen. Die Veränderung im System selbst wird jedoch bei der funktionalen Systemanalyse nicht betrachtet, es wird lediglich die Tatsache, daß Input *nicht* gleich Output ist, festgestellt.

Für das Basissystem sollen zunächst alle Materialströme, die der Herstellung und der Erhaltung des Gebäudes dienen, untersucht werden. Die Ströme, die das Gebäude nur passieren - Reinigungsmittel, Möbel, etc. - werden mit Ausnahme der Energie in dem Basismodell zunächst nicht berücksichtigt. Die Betrachtung erfolgt prinzipiell entsprechend der dynamischen Phasen eines Gebäudelebenszyklusses (s. Kap. 3.2.4 S. 46).

3.2.5.1 Stofflager und Stoffffluß

Sämtliche Materialien, welche die Bauteile bilden und damit die Gebäudestruktur bestimmen, bilden das „Stofflager" Gebäude. Sie sind die physische Grundlage des Systems. Ihre Verweildauer kann maximal der Lebensdauer des Systems Gebäude entsprechen. Im System selbst ändert sich der Zustand der meisten Materialien - abgesehen vom Alterungsprozeß - praktisch nicht. Nur einige Stoffe ändern ihren Zustand beim Eintritt

ins System (z. B. Kies, Sand und Zement werden zu Beton). Dabei muß im Hinblick auf die spätere Entsorgung prinzipiell zwischen wieder trennbar und nicht trennbar unterschieden werden.

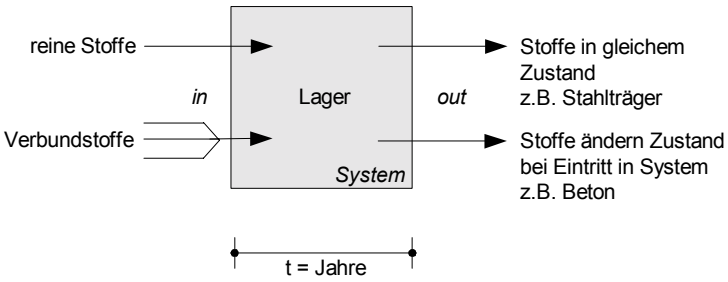


Abb. 3.17: Prinzipielles Verhalten der Stoffe im System

Betrachtet man die Phasen des Systems Gebäude, so sind Bau- bzw. Abbruchphase mengenmäßig durch den größten Materialstrom charakterisiert. In der Nutzungsphase ist der Materialstrom durch verschiedene Instandsetzungsmaßnahmen geprägt, tritt periodisch auf und ist über die gesamte Lebensdauer betrachtet im Vergleich zur Bau- und Abbruchphase relativ gering. Die Instandsetzung findet zwar innerhalb der Nutzungsphase statt - bei dieser Arbeit werden jedoch die bei der Instandsetzung periodisch auftretenden Baumaßnahmen getrennt von dem kontinuierlichen Ressourcenfluß des Gebäudebetriebs (Energieträger, Wasser und dazugehörige Kosten (s. 3.2.5.2 S. 60), (s. 3.2.5.3 S. 61)) in der Nutzungsphase betrachtet.

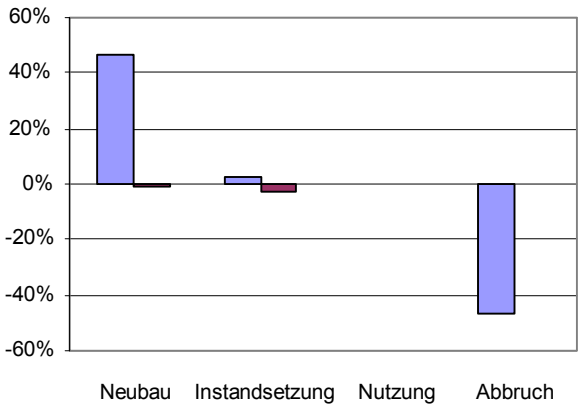


Abb. 3.18: Beispiel für durchschnittlichen Stoffstrom je Phase pro m² Nutzfläche von 16 Mehrfamiliengebäude Baujahr 1975 - 1993,
(eigene Berechnungen)

3.2.5.2 Energieträger und Wasser

Energieträger und Wasser gehören zu den Ressourcen, die das System während des Betriebes in einem relativ kurzen Zeitraum passieren und dabei ihren Zustand ändern. Hier wird nur die Energie, die für den Gebäudebetrieb notwendig ist, betrachtet. Die Energieträger, die als Heizöl, Gas, Kohle, etc. in das System eintreten, werden dort umgewandelt in Wärme, Kälte oder Licht. Als Output verlassen hier Wärme und Emissionen das System (s. Abb. 3.19: S. 60).

Der In- und Output bei Wasser ist quantitativ annähernd gleich. Eine relativ geringe Menge wird durch Verzehr seitens der Nutzer aufgenommen. Bei Wasser ist jedoch die Änderung der Qualität von Trinkwasser zu Schmutzwasser entscheidend (s. Abb. 3.20: S. 60).

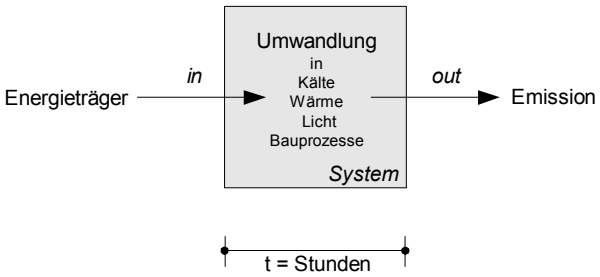


Abb. 3.19: Prinzipielles Verhalten der Energieträger im System

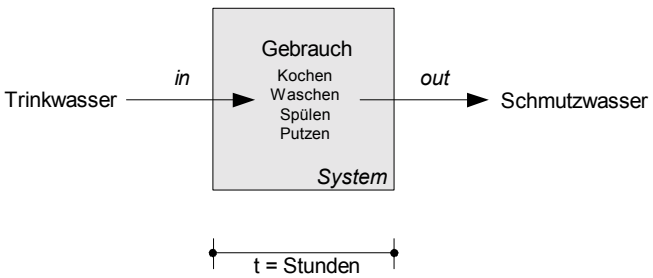


Abb. 3.20: Prinzipielles Verhalten des Trinkwassers im System

Durch die kurze Verweildauer können die Prozesse als kontinuierlich stattfindende Prozesse angenommen werden. Die Nutzungsphase ist bei einer angenommenen Lebensdauer von 100 Jahren die für den Verbrauch von Energie und Wasser entscheidende Phase des Gebäudelebenszyklus'. Die Bau-, Instandsetzungs- und Abrißphase spielen hier kaum eine Rolle.

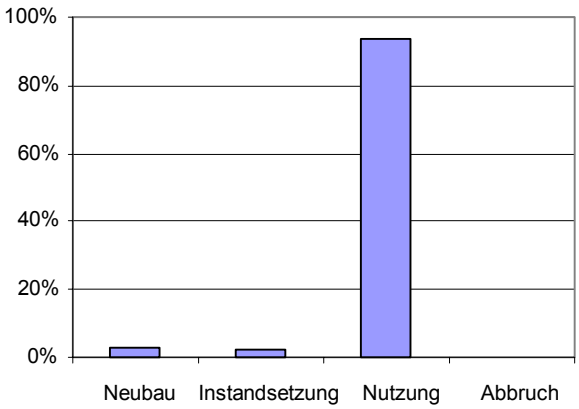


Abb. 3.21: Beispiel für durchschnittlichen Energieverbrauch je Phase pro m² Nutzfläche von16 Mehrfamiliengebäude Baujahr 1975 - 1993, (eigene Berechnungen)

Diese Betrachtung ist als prinzipielle Betrachtung für die Ressourcenflüsse im Standardsystem zu beziehen. Niedrigenergiestandard beispielsweise ist für den Gebäudebestand, wie er sich derzeit darstellt, als Sonderfall zu betrachten. Der Energieverbrauch in der Nutzungsphase wäre jedoch deutlich geringer und somit käme dem Energieaufwand in den anderen Phasen eine größere Bedeutung zu.

3.2.5.3 Finanzmittel

Sowohl der Materialfluß, wie auch Energie und Wasserverbrauch verursachen Kosten. Die Kosten sind in Relation zu den Flüssen unterschiedlich hoch. Die Bauphase ist durch hohe Kosten, die in einem kurzen Zeitraum verursacht werden, gekennzeichnet - dadurch wird auf lange Zeit ein gewisser „Wert" - ein Gebäude - erstellt. Durch die Finanzierung entsteht eine langfristige Kapitalbindung. Die Kosten während der Nutzungsphase sind zunächst pro Zeiteinheit vergleichsweise gering - durch die Länge der Nutzungsphase übersteigen diese Kosten im Laufe der Zeit jedoch die der Bau- und Abbruchphase.
Bei den „Geldströmen" wird zwischen Investitionskosten (Input) und Ertrag (Output) unterschieden. Zusätzlich sind noch die Kosten, die bei dem Gebäudebetrieb entstehen, in Betracht zu ziehen. Neben den durch Stoffströme entstehenden Kosten, die praktisch ausschließlich als Input gelten, kommen „ressourcenunabhängige" Kosten, z. B. Finanzierungskosten, als Input hinzu. Als Ertrag (Output) gelten ausschließlich ressourcenunabhängige Kosten in Form von Mieteinnahmen, die jedoch für die Modellierung des Standardsystems nicht in Betracht gezogen werden. Das Verhältnis zwischen Input und Output - Investition und Ertrag - ist der wesentliche Parameter für die Bewirtschaftung (s. Kap. 3.3 S. 62).

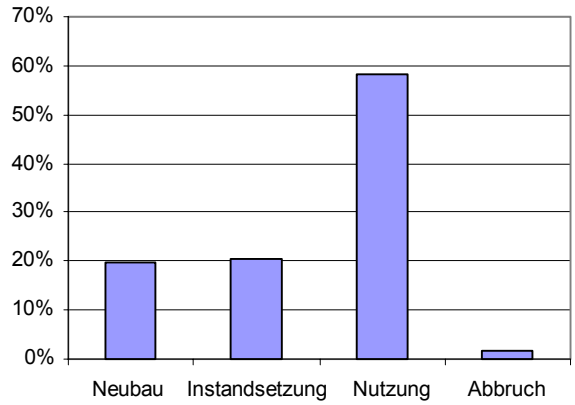


Abb. 3.22: **Beispiel für durchschnittliche Kosten je Phase pro m² Nutzfläche (Input Bauwerkskosten und Betrieb) für Mehrfamilienhäuser,**
(eigene Berechnungen)

Die Kostenermittlung für die Phase Neubau erfolgt gemäß der [DIN 276]. Die Instandsetzungs- und Nutzungskosten werden nach der [DIN 18960] ermittelt. Bezüglich des Ressourceneinsatzes (Wasser, Energie) ist hauptsächlich die Kostengruppe 310 der [DIN18960] relevant. Die bei Reinigung und Pflege eingesetzten Ressourcen werden hier in der späteren Modellbildung nicht berücksichtigt, da hierfür bislang kaum Grundlagedaten existieren.

3.3 Externe Systemparameter

Bereits durch die Systemdefinition wird festgelegt, daß neben dem System immer auch eine Umwelt existiert, mit der das System in Interaktion tritt. Einwirkungen aus der Umwelt auf das definierte, zu untersuchende System, werden als **externe Systemparameter** bezeichnet. Diese resultieren meist aus anderen komplexen Systemzusammenhängen und beeinflussen immer die *Dynamik* eines Systems.
Externe Parameter können - im Sinne des Stoffwechsels - eine materielle Ausprägung besitzen, oder es handelt sich um Faktoren, bzw. Impulse, die Entscheidungen von Akteuren, die Veränderungen im System auslösen.

Einflüsse aus der Umwelt, beispielsweise in Form von Schadstoffen oder UV-Einstrahlung, die einen wesentlichen Faktor an der Beschleunigung des Alterungsprozesses besitzen, gelten als externe Parameter. Bei den Systemen Gebäude und Gebäudebestand handelt es sich um künstliche, vom Menschen geschaffene Systeme - daher nimmt der Mensch als Ak-

teur auch den wesentlichen und entscheidenden Einfluß auf diese Systeme. Dies kann er als Nutzer, der durch Intensität der Nutzung in den Alterungsprozeß eingreift, oder als Besitzer oder Verwalter, wenn er sich für eine Erneuerungs- oder Umbaumaßnahme entscheidet.

Im vorherigen Kapitel wurde der Ressourcenaustausch an der Systemgrenze betrachtet - dieser ist zwar systembedingt, wird aber von externen Parametern beeinflußt. In diesem Kapitel sollen nun diejenigen externen Parameter betrachtet werden, die einen wesentlichen Einfluß auf diesen Ressourcenaustausch haben - sowohl was Menge und Art des Austauschs anbelangt, wie auch den Zeitpunkt. Die in diesem Zusammenhang vom Menschen direkte oder indirekte Einflußnahme auf die Systeme, können als Resultat eines **Bewirtschaftungs-, Verwaltungs-** oder **Managementprozesses** betrachtet werden. Diese Prozesse stehen nicht isoliert, sondern sind ihrerseits in komplexe Systemzusammenhänge eingebunden, was im weiteren als System „Bewirtschaftung" bezeichnet wird. Die Systeme „Gebäudebestand" und „Bewirtschaftung" stehen in einer Abhängigkeit und es gibt Wechselwirkungen zwischen beiden Systemen. Der wesentliche Parameter, der die Wechselwirkungen beider Systeme bestimmt, ist die *Dynamik* im System Gebäudebestand.

Das System Bewirtschaftung umfaßt eine ganze Reihe von **Akteuren**, die **Ziele** festlegen, welche mittels einer **Strategie** erreicht werden sollen. In den folgenden Abschnitten werden die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Akteuren, deren Ziele und Strategien prinzipiell beschrieben.
Externe Systemparameter werden nicht im späteren Basismodell berücksichtigt. Für das Verständnis der Dynamik des Systems sind sie jedoch notwendig. Bei einer Modellberechnung sind sie erst bei der Berechnung von Szenarien und daraus abgeleiteten Prognosen einzubeziehen.
Im Folgenden werden die wichtigsten Einflußfaktoren auf die Dynamik des Gebäudebestands und deren Zusammenwirken vorgestellt; d. h. die wesentlichen Akteure sowie deren Ziele und Strategien.

3.3.1 Gebäudebewirtschaftung: Verwaltung oder Management?

Die Bewirtschaftung von Gebäudebeständen umfaßt die Bereiche Verwaltung und Management. Betrachtet man die Entwicklung in diesen Bereichen, so ist in Abhängigkeit von der Zielsetzung vor allem im Sektor Wohngebäude, sowie öffentliche Gebäude die Verwaltung vorherrschend. Hier überwiegt nach wie vor die klassische Liegenschaftsverwaltung und Wohnungswirtschaft. Daneben ist der ganze Sektor des Immo-

bilienmanagements zu betrachten. Dabei ist zu beachten, daß in der Immobilienwirtschaft nicht allein das Gebäude, sondern in verstärktem Maße auch das Grundstück in die Bewirtschaftung miteinbezogen wird.

Bei der Grundstücksbewertung spielen die Standortfaktoren eine wesentliche Rolle. Diese können sich aus Wechselwirkungen zwischen dem System Gebäudebestand und dessen Bewirtschaftung ergeben (Aufwertung bzw. Abwertung von Quartieren). Aus der Mitbetrachtung des Grundstücks folgt, daß einige Entscheidungen, die über ein Gebäude getroffen werden, oft aus der Optimierung der Ausnutzung und damit des Kapitalertrages des Grundstücks resultieren; das Gebäude selbst und sein Zustand spielt oft nur eine untergeordnete Rolle. Inzwischen wird unter dem Begriff des **„Corporate Real Estate Managements (CREM)"** versucht, alle für die Bewirtschaftung von Immobilien (meist Gewerbe- und Verwaltungsgebäude) relevanten Faktoren unter dem *langfristigen* Ziel der Vermehrung der Ressource „Kapital" eine umfassende Bewirtschaftungsgrundlage zu schaffen. Der Begriff des CREM wird definiert als *„(...) das aktive, ergebnisorientierte, strategische wie operative Management betriebsnotwendiger und nichtbetriebsnotwendiger Immobilien (...). Als unternehmerische Führungskonzeption richtet es sich an 'non property companies', die im Rahmen ihrer Unternehmensstrategie über umfangreicheren Grundbesitz verfügen."* [SCHUL 98; S.45].

Im Rahmen eines CREM wird das gesamte Portfolio betrachtet, d. h. Gebäude und Grundstück. Dieser Ansatz findet allerdings nach Meinung der Experten immer noch kaum Anwendung, wie das folgende Zitat zeigt: *„Angesichts der fundamentalen Vermögens- und Kostenwirksamkeit der von den Unternehmen genutzten Immobilien erstaunt es um so mehr, daß diese von den meisten Unternehmen eher funktionserhaltend verwaltet werden, was nicht zuletzt in den Organisationsbezeichnungen 'Liegenschaftsabteilung' oder 'Liegenschaftsverwaltung' zum Ausdruck kommt. Herkömmliche Versuche, die Produktivität des betrieblichen Grundbesitzes zu steigern, scheitern meist an der Neigung, primär einzelne Objekte bzw. Transaktionen zu betrachten, statt das Immobilienportfolio und sein Management im Rahmen einer strategischen Steuerung grundsätzlich in Frage zu stellen. Eine aktive, strategisch orientierte Auseinandersetzung mit diesem Potentialfaktor wird von vielen Unternehmen als nicht notwendig erachtet."* [SCHUL 98, S.29].

Für die Einführung eines CREM müsse nach Meinung von [SCHÄ 98] ein genereller Paradigmenwechsel bei der traditionellen Liegenschaftsverwaltung stattfinden, wobei die Fokussierung derzeit auf Immobilien liegt, die Unternehmensbereichen zugeordnet sind.

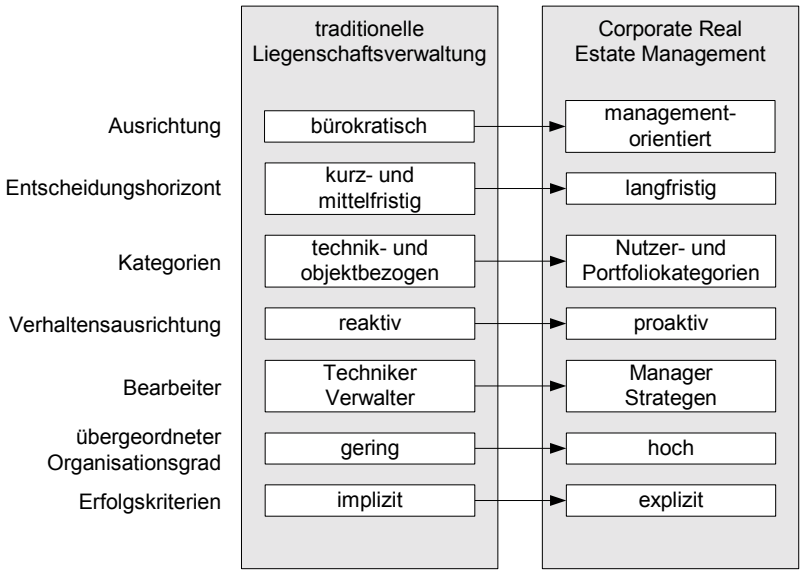


Abb. 3.23: Paradigmenwechsel im Immobilienmanagement nach [SCHÄ 98]

Prozesse, die den Gebäudebetrieb in der Nutzungsphase eines Gebäudes betreffen, werden unter dem Begriff **„Facility Management (FM)"** zusammengefaßt. Hierbei steht die Optimierung des Betriebes der Gebäude im Vordergrund, alle für den Gebäudebetrieb relevanten Prozesse, sowie Optimierung der Flächennutzung, Vermietung und Versorgung, und damit die Minimierung der Betriebskosten.
Instandhaltungsmaßnahmen, die die Gebäudestruktur betreffen (Installation, Dachdeckung etc.), werden beim FM nicht in Betracht gezogen. Gebäudebezogene Instandhaltungsmaßnahmen sollten aber auch strategisch geplant und vorausschauend kalkuliert werden.
Die zu bewirtschaftenden Bestände lassen sich in verschiedene Kategorien unterteilen:

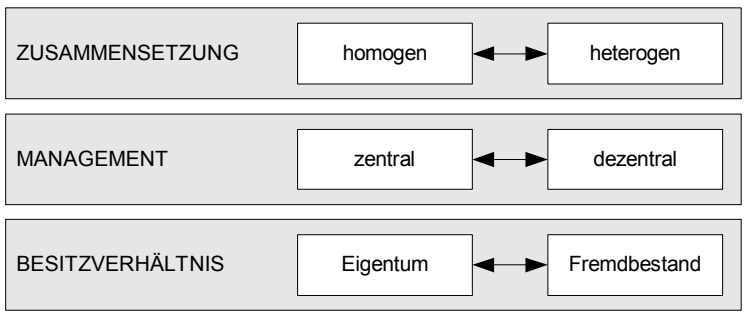


Abb. 3.24: Einflußkategorien für die Bestandsbewirtschaftung

Die Kombination dieser Kategorien beeinflußt sowohl die Ziele, wie auch die einzusetzenden Strategien einer Bewirtschaftung.
In der Immobilienwirtschaft steht als Bewirtschaftungsziel immer der finanzielle **Wert** und der finanzielle **Ertrag** an oberster Stelle. Aspekte der

Nachhaltigkeit - vor allem ökologische Kriterien - finden bislang keine besondere Beachtung. Bei der finanziellen Optimierung liegt das Hauptaugenmerk zunächst auf dem Grundstück und damit auf dem Faktor Lage, dann erst folgt die Betrachtung der daraufstehenden Gebäude. Dem Zustand und einer strategisch geplanten Instandhaltung von Gebäuden wird dabei meist weniger Beachtung geschenkt, als der Optimierung des Gebäudebetriebs im Rahmen eines Facility Managements. Gerade aber der Zustand der Gebäude, bzw. der Faktor Instandhaltung, hat einen wesentlichen Anteil an der weiteren Entwicklung von Gebäuden und schlußendlich auch für die Bewertung des Quartiers. Dieser tritt jedoch meist erst in Erscheinung, wenn sich eine Entwicklung bei mehreren Gebäuden ähnlich abspielt - z. B. wenn sie nicht adäquat erhalten werden. In der folgenden Abbildung werden die Kreisläufe schematisch dargestellt, die - abhängig von der Instandhaltung - die Qualität eines Quartiers und damit wiederum den Faktor Lage stark beeinflussen .

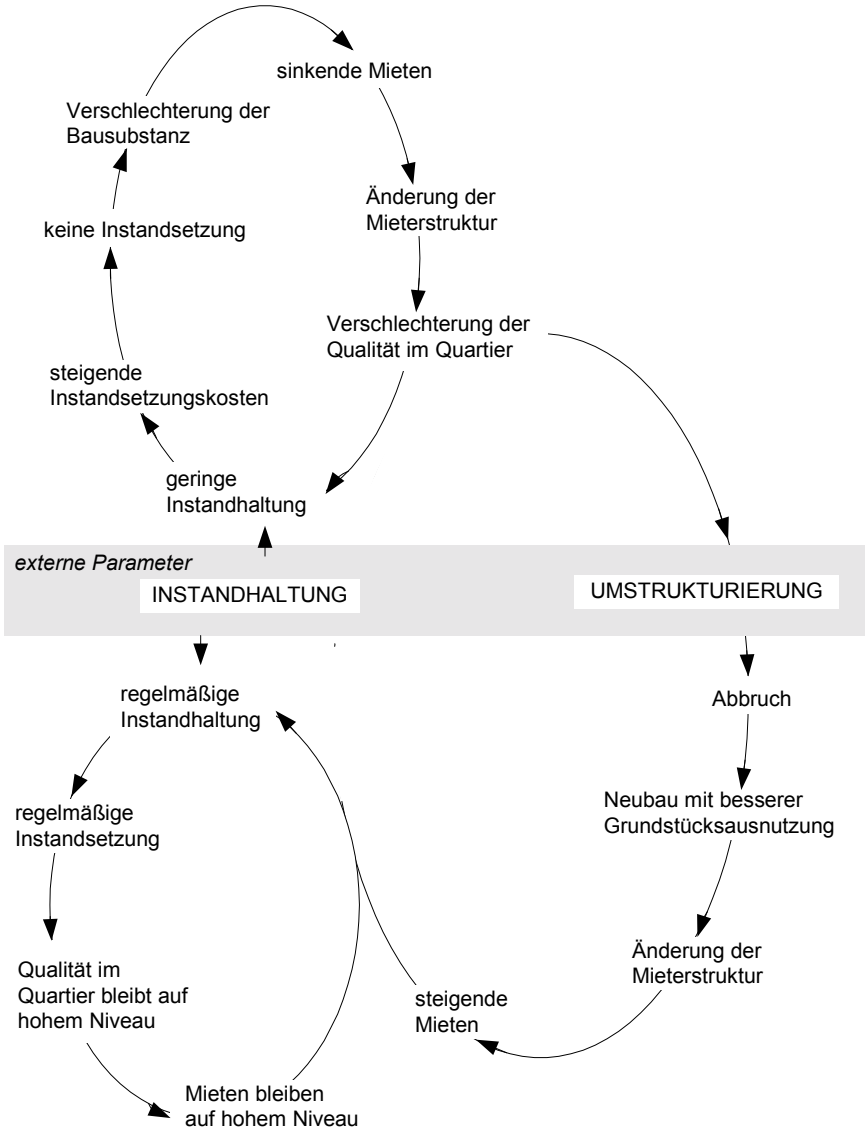


Abb. 3.25: Folgeerscheinungen aufgrund unterschiedlicher Instandhaltung

3.3.2 Akteure

Die Gebäudebewirtschaftung wird von einer sehr heterogenen Akteursstruktur bestimmt. Grundsätzlich lassen sich Akteure, die direkten Einfluß auf die Bewirtschaftung nehmen von denen unterscheiden, die indirekt die Bewirtschaftung beeinflussen. Direkten Einfluß nehmen Akteure, deren Entscheidung eine konkrete Maßnahme am Gebäude nach sich zieht, z. B. die Entscheidung einer Modernisierung. Die indirekten Akteure nehmen nicht auf die Veränderung am Gebäude Einfluß, sondern auf die Entscheidung der Akteure, die die Maßnahmen am Gebäude veranlassen.

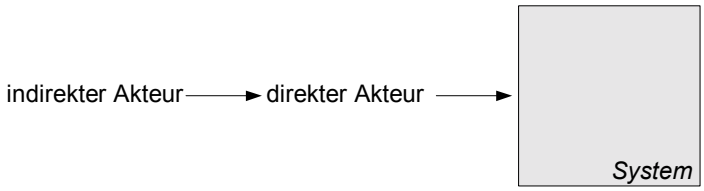


Abb. 3.26: Wirken verschiedener Akteure auf ein System

So folgt der Entscheidung eines indirekten Akteurs, beispielsweise einer Landesregierung, über die Bereitstellung von Fördermitteln zu zweckgebundenen Sanierungsmaßnahmen, oft eine Beschleunigung des Entscheidungsprozesses bei den direkten Akteuren (Hausbesitzer, Verwalter), diese Maßnahmen auszuführen.
Die Gewichtung des Einflusses der Akteure kann, was das Ergebnis der Maßnahmen im Gebäudebestand anbelangt, durchaus gleichwertig sein. Auch wenn die direkten Akteure letztendlich die Entscheidung über den Umgang mit dem Bestand treffen, so können indirekte Akteure wie Politiker mittels Richtlinien und Fördermitteln die Entwicklung beeinflussen. Die indirekten Akteure können auf wesentlich größere Bestände (z. B. über mehrere Wohnungsbaugesellschaften) Einfluß nehmen.

3.3.3 Einflußfaktoren

Die Akteure und deren Entscheidungen werden von vielen Faktoren beeinflußt. Die Zahl der Einflußfaktoren und deren Wirkungsgeflecht ist sehr umfassend und äußerst komplex. Dieses komplett zu analysieren ist im Grunde unmöglich. Die Einflußfaktoren befinden sich untereinander in einer stark vernetzten Struktur von mehr oder weniger zwingenden Abhängigkeiten. Es sind je nach Untersuchungsaspekt die wesentlichen Faktoren zu bestimmen und deren Abhängigkeiten zu analysieren. Im folgenden Abschnitt sollen wesentliche Einflußfaktoren nur prinzipiell charakterisiert werden.

Die Bewirtschaftung von Gebäudebeständen ist sowohl von internen, wie auch von externen Faktoren beeinflußt. Der Bezug intern-extern geht von der Perspektive des Systems Gebäudebestand aus. Unter den **internen Faktoren** sind die Faktoren zu verstehen, die durch die Gebäude selbst verursacht werden. Interne Faktoren sind abhängig vom Alterungsverhalten von Gebäuden und der technischen Lebensdauer von Bauteilen, die den erforderlichen Ersatzzeitpunkt bestimmen. Diese wiederum können durch externe Faktoren, den Nutzer oder die Umwelt beispielsweise, beeinflußt werden. Die Geschwindigkeit des Alterungsverhaltens von Gebäuden und Bauteilen hat als systeminterner Faktor Einfluß auf die Entscheidung der Akteure.

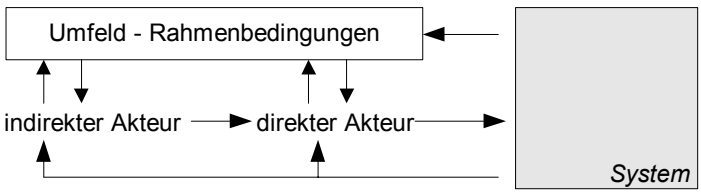


Abb. 3.27: Einflußfaktoren auf die Akteure

Der Zeitpunkt, ob und wann eine Erneuerungsmaßnahme erfolgt, wird von **externen Faktoren** bestimmt. Hier wären die Entscheidungsträger, die Akteure, zu nennen und weitere externe Faktoren, die als Rahmenbedingungen Einfluß auf die Entscheidungen der Akteure nehmen, z. B.:

- die Verlagerung eines Produktionsstandortes
- Bebauungsplanänderung
- Bevölkerungsentwicklung
- Planungsrechtliche Festsetzungen, Denkmalpflege
- Standortfaktoren, Verkehrsanbindung
- Mietpreisspiegel
- Abschreibungsmöglichkeiten
- Förderprogramme
- Strukturwandel - sozial, wirtschaftlich

Interne wie externe Faktoren beeinflussen sowohl die technische Gebäudelebensdauer, wie auch auf die wirtschaftliche. Entscheidend für das Verhalten der Akteure ist bislang immer noch die *wirtschaftliche* Lebensdauer, die den ausschlaggebenden Faktor für Maßnahmen darstellt. Unter der Berücksichtigung eines optimalen Wirtschaftens hinsichtlich der Ressourcenausnutzung, sollte sich die wirtschaftliche Lebensdauer der technische Lebensdauer annähern, d. h. Delta t sollte möglichst gering werden (s. Abb. 3.28: S. 69).

Die Einflußfaktoren lassen sich gewichten, was ihre Relevanz auf einzelne Objekte oder einen Bestand anbelangt. Je nach Bewirtschaftungsstrategie kann die Relevanz der Faktoren unterschiedlich sein. Welche Faktoren für eine Untersuchung zu berücksichtigen sind, muß entsprechend der Fragestellung jeweils analysiert werden.

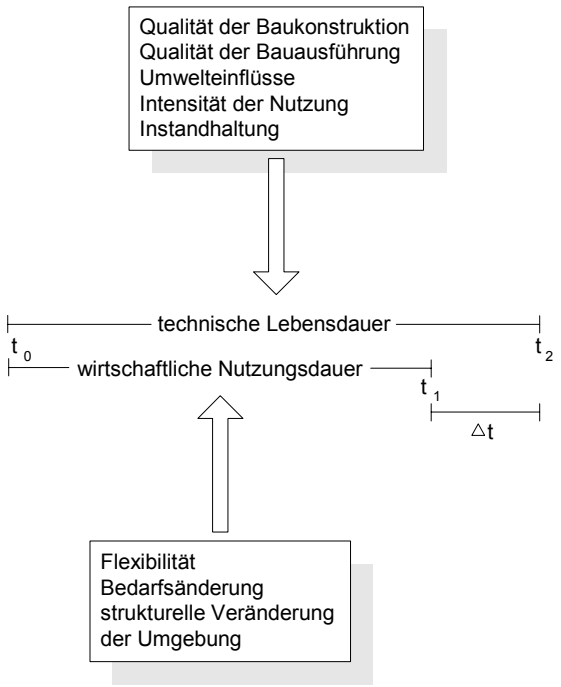


Abb. 3.28: Wirkung unterschiedlicher Faktoren auf die technische Lebensdauer und wirtschaftliche Nutzungsdauer

3.3.4 Ziele und Strategien

„Systematische Gebäudebewirtschaftung beinhaltet sämtliche Maßnahmen, welche die Nutzung und den Betrieb von (größeren) Gebäudebeständen in technischer, ökologischer und wirtschaftlicher Sicht optimal ermöglichen." [IPBAU 92, S. 9].

Gebäudebewirtschaftung nimmt zwar auf ökonomische, ökologische und auch auf soziale und kulturelle Bereiche Einfluß, die Priorität liegt jedoch meist auf der ausschließlichen Betrachtung des ökonomischen Aspekts. Wie die funktionale Systemanalyse (s. Kap. 3.2.5 S. 56) gezeigt hat, sind Ressourcenströme auch immer mit Geldströmen verbunden. Einsparung von Ressourcen führt meist auch zur Einsparung von Kosten, wenn eine gesamtheitliche Bilanz erfolgt. In der Realität werden die Kosten oft von unterschiedlichen Akteursgruppen getragen und eine Gesamtbilanz wird nicht aufgestellt. Dies führt dazu, daß Maßnahmen unterbleiben, welche gesamthaft betrachtet sinnvoll wären: So trägt der Nutzer die Be-

triebskosten und der Besitzer überwiegend die Kosten für die Baumaßnahmen, die die Betriebskosten senken könnten (Modernisierung der Beheizungsanlage, Austausch von Fenstern etc.).

Die Zielrichtung für den Umgang mit dem Gebäudebestand unterscheidet sich auch je nach Art der Akteure. Während die direkten Akteure meist ausschließlich ökonomische Ziele verfolgen, so werden von den indirekten Akteuren auch soziale, kulturelle oder ökologische Ziele verfolgt, z. B. Wohnraumversorgung, Sicherung der Erhaltung alter Bausubstanz mittels Denkmalschutz, oder Reduktion des Energieverbrauchs mittels Energieeinsparverordnung. Die Zielsetzung wird nicht allein von den Akteuren bestimmt, sondern ist auch von der Struktur und der Nutzung des betroffenen Bestandes abhängig. So gelten für Wohnungsbestände andere Voraussetzungen wie für Bestände eines Unternehmens.

„Ökonomisch sinnvolle Ziele der Bewirtschaftung sind die langfristige Erhaltung und Sicherung des Gebäudebestandes und seiner Ertragsfähigkeit durch Instandhaltung und eine Optimierung der Mieterträge und der laufenden Aufwendungen. Andererseits kann das Ziel auch die qualitative Verbesserung der Gebäude, die bessere Nutzung der Raumkapazitäten und die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit durch Anpassung der Räume an sich ändernde Prioritäten der Nachfrage sein." [MUR 97]

Die Strategie, die gewählt wird, um ein festgelegtes Ziel zu erreichen, ist auch wesentlich von dem Zeithorizont, in dem das gesetzte Ziel erreicht werden soll, abhängig. Der Gebäudebestand ist generell von langen Zeitkonstanten geprägt; oft werden jedoch kurzfristige Entscheidungen aufgrund kurzfristiger Gewinnmaximierung getroffen.
Bedingt durch den langfristigen Zeithorizont sollte auch immer der gesamte Lebenszyklus in die Entscheidungen mit einfließen. Eine integrierte Betrachtungsweise, die beispielsweise ökonomische und ökologische Faktoren gleichermaßen langfristig berücksichtigt, scheitert jedoch oft durch die kurzfristigen ökonomisch orientierten Ziele der Entscheidungsträger.

Als externe Parameter sind die Auswirkungen auf das System Gebäudebestand bzw. auf das System Gebäude entscheidend, die sich durch die jeweilige Bewirtschaftungsstrategie ergeben. Prinzipiell gibt es drei Strategien, die bei [IPBAU 91] beschrieben werden:

- **Abbruchstrategie**, d. h. Bewirtschaftung auf Abbruch, keine, bzw. nur geringfügige Unterhaltsmaßnahmen
- **Substanzerhaltungsstrategie**, d. h. Instandhaltung, bzw. Instandsetzung

- **Erneuerungs- oder Wertvermehrungsstrategie**, d. h. Anpassung durch Modernisierung, bzw. Um-, An- oder Ausbau

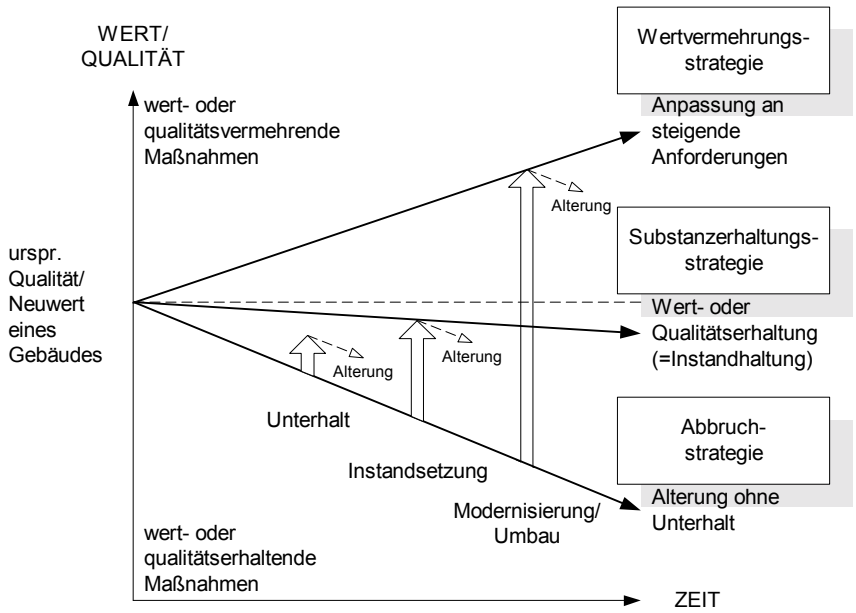


Abb. 3.29: Drei prinzipielle Strategien der Bewirtschaftung nach [IPBAU 91]

Aus diesen Strategien ergeben sich die prinzipiellen externen Parameter, die auf das System Gebäudebestand wirken:

- gute Instandhaltung, regelmäßige Modernisierung
- regelmäßige Instandhaltung
- keine oder nur geringfügige Unterhaltsmaßnahmen am Gebäude

Die daraus resultierenden Maßnahmen sind bei der Systemanalyse der Dynamik (s. Kap. 3.2.4 S. 46) beschrieben. Die Intervalle werden durch die Bewirtschaftungsstrategie bestimmt. Hier können wiederum unterschiedliche Strategien den genauen Zeitpunkt der Maßnahme festlegen:

- Instandhaltung nach der Ausfallstrategie
- Instandhaltung nach der Präventivstrategie

Instandhaltung nach der Ausfallstrategie würde bedeuten, daß ein Bauteil erst nach Ablauf der funktionalen Lebensdauer ersetzt wird. Dies kann aber in vielen Fällen zu Folgeschäden an anderen Bauteilen führen und es ist daher genau zu überprüfen, für welche Bauteile diese Strategie sinnvoll ist [KRU 85]. Bei der Präventivstrategie sollte eine vorherige Prognose beispielsweise nach dem Grobdiagnose - Verfahren [IPBAU 95] erfolgen.

Neben den Instandhaltungsstrategien lassen sich grundsätzliche Entwicklungsmöglichkeiten im Management für Gebäude und Gebäudebestände unterscheiden.

3.3.4.1 Management für Gebäudebestände

Alle Entscheidungsprozesse im Gebäudemanagement werden von einem Bedarf ausgelöst. Im nächsten Schritt ist zu prüfen, welche Nutzungsmöglichkeit innerhalb des Bestandes vorhanden ist oder nicht. Hier spielen vor allem Standortfaktoren eine wichtige Rolle. Falls kein aktueller Bedarf für ein vorhandenes Gebäude besteht, ist zu entscheiden, ob das Gebäude behalten oder veräußert wird. Die Entscheidung basiert sowohl auf der aktuellen Marktlage, wie auch auf den Perspektiven, das Gebäude später „wiederzubeleben". Aus diesen Entscheidungen ergeben sich verschiedene Maßnahmen, wie sie schon für die Dynamik der Gebäude beschrieben (s. Kap. 3.2.4 S. 46) wurden. Alle durch Erneuerungs- oder Abbruchmaßnahmen anfallenden Stoffe sollten dann im Sinne der nachhaltigen Entwicklung in den Prozeß eines Stoffstrommanagements einfließen.

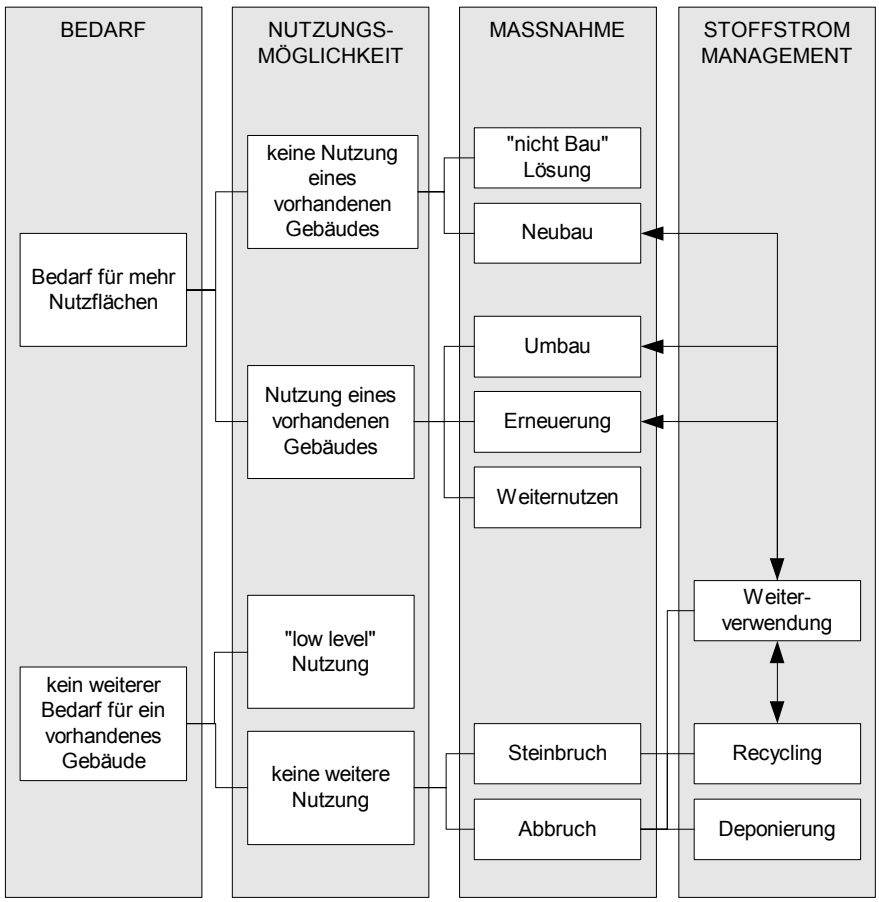


Abb. 3.30: Prinzipielles Management von Gebäudebeständen nach [KOH 98]

3.3.4.2 Entscheidung auf Gebäudeebene

Ausgehend von generellen oder strategischen Entscheidungen auf der Ebene Gebäudebestand ergeben sich für die Maßnahmen an einem bestehenden Gebäude drei grundlegende Fälle (s. Abb. 3.31: S. 73), was den Zeitpunkt der Maßnahmen anbelangt:

- Fall A: am Gebäude erfolgt bis zur nächsten periodischen Erneuerung keine Baumaßnahme; Reduzierung des Verbrauchs (geringere Steigung der Geraden) ist eventuell durch Optimierung der Nutzung der gebäudetechnischen Anlagen möglich
- Fall B: „Gebäudeaustausch"; Gebäudeabbruch und Neubau auf Niedrigenergiebasis; d.h.es erfogt zunächst ein hoher Input (Kosten- und Energieaufwand, verbunden mit großen Stoffströmen), der laufende Verbrauch (geringere Steigung) ist dann deutlich geringer als zuvor
- Fall C: sofortige Baumaßnahme (Erneuerung) verbunden mit der Erneuerung bzw. Optimierung der gebäudetechnischen Anlagen

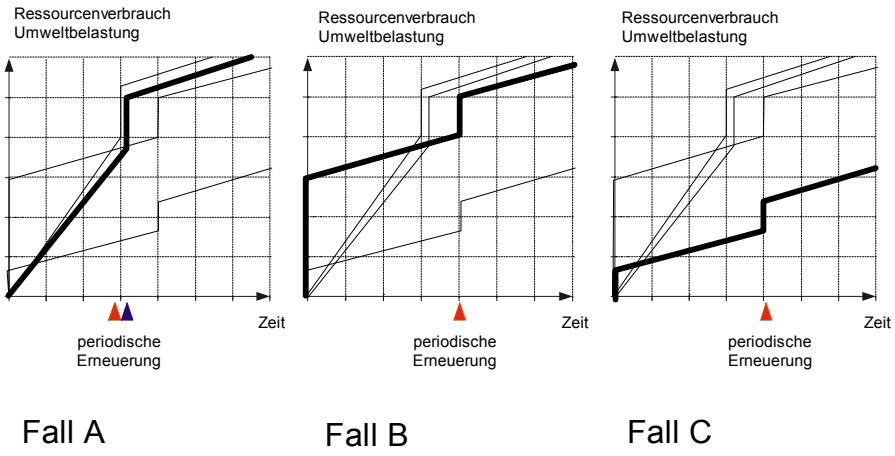


Abb. 3.31: Prinzipielle Auswirkungen der Maßnahmen auf den Ressourcenverbrauch für ein Gebäude [KOH 98]

In der Graphik sind die Auswirkungen der Fälle hinsichtlich Investitionen und Umweltbelastung qualitativ aufgezeigt. Der genaue Verlauf, d.h. die Steigung der Geraden sowie deren Schnittpunkte (Amortisationszeitpunkte) im Vergleich zu den anderen Varianten müssen jeweils mittels Modellberechnungen ermittelt werden.

4 Modellierung

Aus den bisherigen Systembetrachtungen geht hervor, daß in Abhängigkeit von den Anforderungen unterschiedliche Schwerpunkte bei der Systemanalyse zu unterschiedlichen Ansätzen für die Modellierung führen können. Da das System Gebäudebestand - vor allem im Hinblick auf die Wirkungsstruktur - sehr komplex ist, und eine vielfältig nutzbare und erweiterbare Modellbasis entwickelt werden soll, wird hier der Ansatz verfolgt, die Modellierung modular aufzubauen. Basierend auf der Analyse des Standardsystemfalls sollen allgemeingültige, wiederverwendbare Module in kleinen Einheiten entwickelt werden, die je nach Untersuchungsaspekten modifiziert und erweitert werden können. Im Rahmen dieser Arbeit sollen Komponenten für ein Basismodell entwickelt werden, mit deren Hilfe der Untersuchungsgegenstand - der Gebäudebestand - modelliert wird. Die Modellierung dieser Komponenten ist so angelegt, daß strukturelle Untersuchungen, sowie die Darstellung von Auswirkungen unterschiedlicher externer Parameter (Bewirtschaftungsstrategien) auf den Ressourcenverbrauch, möglich sind.

In diesem Kapitel wird der modulare Modellansatz erläutert, der sich von bisherigen typologischen Ansätzen bei der Bestandsmodellierung unterscheidet; daraufhin folgt die Beschreibung der Modellierung der Basiskomponenten. Diese müssen die Bestandsstruktur zu einem definierten Zeitpunkt ebenso abbilden können, wie die Veränderung des Systems im Laufe der Zeit. Prinzipielle dynamische Abläufe, wie sie für das Standardsystem Gebäude in der Systemanalyse beschrieben sind, werden im Basismodell integriert, für andere, speziellere, vor allem durch externe Parameter beeinflußte dynamische Abläufe auf Bestandsebene, sind separate Module zu entwickeln. Das bedeutet, daß generell sowohl **statische** wie auch **dynamische** Modellkomponenten erforderlich sind. Dies gilt sowohl für das System Bestand, wie auch für das System Gebäude.

Äußere Systemparameter beeinflussen im wesentlichen die Dynamik der Systemelemente und somit die Dynamik des Gesamtsystems - die *prinzipielle* Wirkungsstruktur der Systeme „Gebäude“ und „Bestand“ bleibt jedoch immer gleich.

4.1 Modellansätze

Um die Phänomene so komplexer Systeme verstehen zu können, muß die Modellierung grundsätzlich dem die Wirkungsstruktur beschreibenden Modellansatz (s. Kap. 2.2.1 S. 31) folgen. Mittels verhaltensbeschreibender Modellansätze nach der funktionalen Systemanalyse lassen sich zwar z. B. für makroökonomische Betrachtungen einfache Input - Output Bilanzen erstellen, deren Entstehung erklären sie jedoch nicht.
Bisherige Ansätze, die die Modellierung eines Gebäudebestandes zum Ziel hatten, folgten immer einem typologischen Modellansatz. Der typologische Modellansatz ist für Untersuchungen des Gebäudebestands durchaus geeignet - seine Struktur erlaubt jedoch nur eingeschränkt weitere Nutzungsmöglichkeiten der über eine jeweils festgelegte Typologie ermittelten Modell- und Datengrundlage. In dieser Arbeit wird dagenen ein modularer Modellansatz vorgestellt, der eine umfangreichere, flexiblere und langfristigere Nutzung sowohl des Modells, wie auch erfaßter Daten bzw. bereits modellierter Gebäude ermöglichen soll.

4.1.1 Typologischer Modellansatz

Die Modellierung eines Gebäudebestandes erfolgte bislang immer in *direktem* Zusammenhang mit einem zuvor definierten Modellzweck. Der Modellzweck und das Untersuchungsziel beeinflußt als Grundlage wesentlich die Art der Systembeschreibung und somit auch die Modellierung. Bei dem typologischen Ansatz wird bei der Systemanalyse immer eine *zweckspezifische* **Gebäudetypologie** festgelegt. Neben der Gebäudetypologie bestimmt der Untersuchungszweck auch den **Umfang**, bzw. die **Art** der Gebäudemodellierung. Die Gebäudetypologie wird von dem Untersuchungsziel und der daraus resultierenden Bestands- und Systemanalyse bestimmt. Der Typologische Ansatz erfordert Arbeitsschritte, wie sie in der Abbildung (s. Abb. 4.1: S. 77) dargestellt sind.

Bisherige Untersuchungen im Zusammenhang mit dem Gebäudebestand fanden überwiegend unter dem Aspekt der Energieeinsparung statt. Zu diesem Zweck wurden die Gebäude in energetisch unterschiedlich reagierende **Typengebäude** unterteilt. Die dafür erforderliche Modellierung bezog sich ausschließlich auf energetisch relevante Bauteile, d. h. Außenwände mit Öffnungen und deren Ausrichtung, Dächer, Kellerdecken, die zu beheizenden Raumflächen bzw. Volumen sowie das Beheizungssystem. Darüberhinaus werden dort keine weiteren Daten zu den Typengebäuden erhoben. Die so modellierten Gebäude sind für andere Untersuchungszwecke kaum geeignet, da sie nur eingeschränkte Informationen

liefern. So ist die energetische Gebäudetypologie beispielsweise für Untersuchungen von Stoffströmen im Baubestand nicht zwingend und die darauf basierende Modellierung der Gebäude nicht umfangreich genug. Oftmals erfolgt die Modellierung auch gleich auf Basis einer festgelegten funktionalen Einheit, z. B. „Wohneinheiten", und die erhobenen Daten lassen sich dann nicht mehr auf andere Einheiten beziehen.

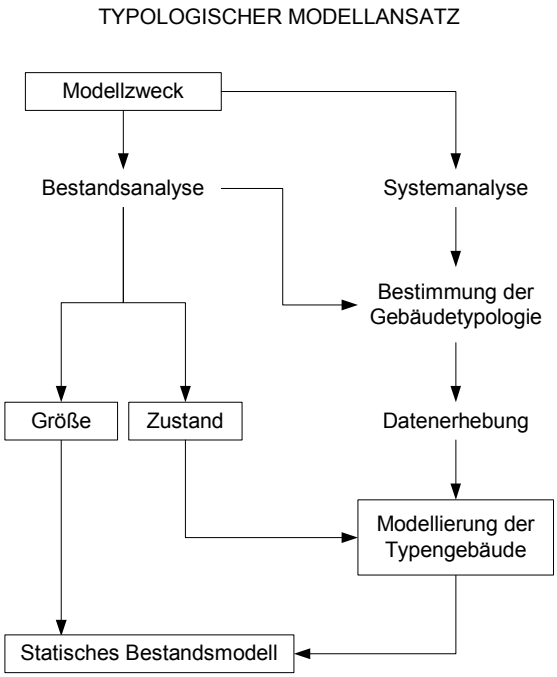


Abb. 4.1: Typologischer Modellansatz

Bei einer Studie, die die Ermittlung der Möglichkeiten der Energieersparnis im Gebäudebestand zum Ziel hatte [IWU 90], wurde eine Gebäudetypologie entwickelt, die unterschiedliche energetische Verhaltensweisen repräsentiert. Untersucht wurden nur Wohngebäude, die Einteilung erfolgte nach Altersklassen, die wiederum in unterschiedliche Bautypen (Einfamilienhaus, Reihenendhaus, Reihenmittelhaus, kleines Mehrfamilienhaus etc.) unterteilt wurden. Für jeden Bautyp einer Alters- /Nutzungsklasse wurde entsprechend unterschiedlicher Außenwandkonstruktionen ein Typengebäude modelliert. Hierfür wurden die konstruktiven, wärmetechnisch relevanten Bauteile qualitativ und jeweils mit Angaben zur Dimension erfaßt, sowie Kenndaten über das Heizungssystem der Gebäude. Zur Berechnung von Szenarien wurden unterschiedliche „Optimierungspakete" für die einzelnen Typengebäude entwickelt. Diese beziehen sich ausschließlich auf die wärmetechnische Verbesserung - sonstige Erneuerungsmaßnahmen der Gebäude oder deren Zustand wurde nicht berücksichtigt.

Auch das Prognosemodell von [GÖR 97] basiert auf einem typologischen Ansatz, der von Bautypen und Baualtersgruppen ausgeht. Da das Ziel dieses Modells die Ermittlung des zukünftigen Bauschutts ist, muß bei der Modellierung auch die Baukonstruktion in Abhängigkeit der Baumaterialien berücksichtigt werden. In die Gebäudetypologie wurden zusätzlich baukonstruktive Aspekte einbezogen. Im Gegensatz zu der Modellierung für energetische Betrachtungen, muß hier eine *komplette* Erfassung der Gebäude in ihrer materiellen Zusammensetzung erfolgen.
In beiden Fällen wurden nur Typologien für Wohngebäude entwickelt. Prinzipiell ließe sich der Ansatz jedoch auch auf Nichtwohngebäude übertragen, wobei dann jedoch die typologische Vielfalt wesentlich umfangreicher wäre.

4.1.2 Modularer Modellansatz

Im Gegensatz zu dem typologischen Modellansatz soll der modulare Modellansatz eine wesentlich flexiblere Nutzung der Modellstruktur und Datengrundlage ermöglichen. Vor allem im Hinblick auf die sehr aufwendige Datenerfassung wird hier der Ansatz verfolgt, eine **erweiterbare, flexible Modellstruktur** zu schaffen. Die spezifische Dynamik von Gebäuden und Gebäudebeständen, wie sie bei der Systemanalyse beschrieben wurde, bietet die Basis für den modularen Modellansatz, wie er im folgenden vorgestellt wird.

4.1.2.1 Grundlagen

Zunächst ist immer das System - der Gebäudebestand - einerseits, und die mit ihm in Zusammenhang und Austausch stehende Umwelt andererseits zu betrachten. Für die Modellierung des Systems ergeben sich aus den vorherigen Betrachtungen notwendigerweise folgende Arbeitsschritte:

- Definition des Systems
- Beschreibung der Systemcharakteristik
- Beschreibung der Wirkungsstruktur
- Bestimmen der externen System-Parameter

Die Definition des Systems ist eine grundlegende Voraussetzung. Es wurde bereits festgestellt, daß das Verhalten des Systems Gebäudebestand stark von dem Subsystem Gebäude abhängig ist. Grundlage für die Modellierung von Gebäudebeständen bildet daher zunächst *immer* die Modellierung von Gebäuden, die vor allem durch die Datenerhebung stets mit einem großen Aufwand verbunden ist. Wenn nun bereits neutral mo-

dellierte Gebäude in einer Datenbank vorgehalten werden, können diese immer wieder für eine Bestandsmodellierung verwendet werden - es entfällt dann der Arbeitsschritt der Systemanalyse und Modellierung auf Gebäudeebene.

Erst die spezielle Dynamik der Gebäude macht es möglich, daß sie als Standardsystem beschrieben und als Basismodul für die Bestandsmodellierung immer wieder verwendet werden können. In der Systemanalyse zeigte sich, daß die *Wirkungsstruktur* des Systems Gebäude *nicht* von der Dynamik beeinflußt wird; durch dynamische Prozesse ändert sich nur die materielle Zusammensetzung, der Zustand und der Gesamtstoffluß über die Lebensdauer. Wenn in dieser Arbeit für den Fall des Standardsystems davon ausgegangen wird, daß die Primärstruktur eines Gebäudes sich nicht ändert (s. Kap. 3.2.4 S. 46), so besitzen erfaßte und modellierte Gebäude lange ihre Gültigkeit und können als Basismodule immer wieder zur Bestandsmodellierung verwendet werden. Wichtig ist, eine neutrale Modellierung der Standardsysteme zu verwenden und eindeutige Definitionen festzulegen, um die Nutzbarkeit und Aussagekraft bei der Verwendung für verschiedene Untersuchungen einschätzen zu können. Die dem Basismodell zugrundeliegenden Systemgrenzen müssen ebenso genau dokumentiert sein, wie die Herkunft der Basisdaten.

Dieses spezielle Systemverhalten der Gebäude - nämlich die gleichbleibende Wirkungsstruktur - soll für den modularen Modellansatz genutzt werden. Wird für die Modellierung ein separates Modul für die dynamischen Prozesse bereitgestellt, so läßt sich das Standardssystemverhalten beliebig modifizieren.

Durch den Ansatz, Gebäude als Grundmodule zu verwenden, wird eine *langfristige* und *vielfältige* Nutzung bereits modellierter Gebäude, die in einer Datenbank abgelegt werden, angestrebt. Dies hat den Vorteil, daß der zeitaufwendige Arbeitsschritt der Datenerfassung und der Gebäudemodellierung mit wachsender Datenbank stark reduziert wird. Um diesen Ansatz verfolgen zu können, müssen Methoden entwickelt werden, die es ermöglichen, nach Bedarf Kennwerte auf der Basis unterschiedlich modellierter Gebäude zu generieren. Ein „Stammdatensatz" neutral modellierter Gebäude, sowie Module für die dynamische Modellierung auf verschiedenen Ebenen, müssen ebenso zur Verfügung gestellt werden.

Das Basismodell muß per Definition eine breite Grundlage an Modellierungsmöglichkeiten zur Verfügung stellen. Ganz wesentlich ist dabei eine *offene* Modellstruktur, d. h. es müssen je nach Untersuchungsaspekten sowohl neue Modellkomponenten, wie auch zusätzliche Grundlagenda-

ten auf verschiedenen Ebenen integriert werden können. Dadurch ergeben sich für den modularen Modellansatz folgende Bedingungen:

- **flexible** Definition der Systemgrenzen
- **neutrale** Modellierung der Standardsysteme (Gebäude) beliebige Gebäudebestände müssen darzustellen sein, um beliebige Untersuchungen zu ermöglichen
- **offene** Modellstruktur - Möglichkeit der Ergänzung bzw. Einbinung in andere Systemstrukturen

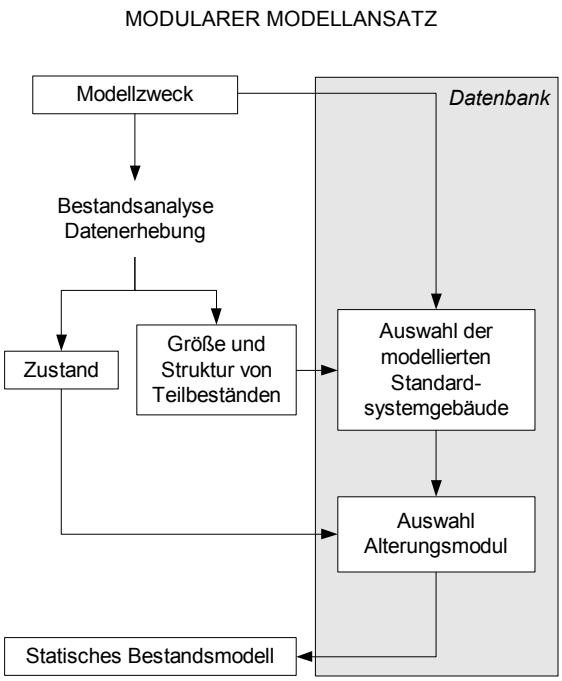


Abb. 4.2: Modularer Modellansatz

4.1.2.2 Modellidee für die Bestandsmodellierung

Bei der Modellierung ist zunächst das einer Untersuchung zugrunde liegende System - der Gebäudebestand - zu definieren, indem die Systemgrenzen festgelegt werden. Dabei wurde bereits bei der Systemanalyse der erste wesentliche Schritt zur Vereinfachung vorgenommen und der Gebäudebestand als *Menge* von Gebäuden definiert. Für viele Untersuchungen reicht diese vereinfachte Betrachtung aus. Es addieren sich alle aus den Gebäuden entstehenden Wirkungen, ohne daß weitere interne Systemparameter (Relationen zwischen den Gebäuden) zu beachten sind. Ergibt sich jedoch entsprechend des Untersuchungsziels bei der Systemanalyse eine Relevanz einzelner Relationen auf Bestandsebene, so müssen diese nachträglich modelliert und dem Basismodell entsprechend zugeordnet, bzw. integriert werden (s. Kap. 3.1 S. 35).

Bei der Betrachtung des Basismodells als Menge von Gebäuden ist das wesentliche Grundmodul durch das Subsystem Gebäude gegeben. Die Modellierung setzt sich demnach aus zwei Komponenten zusammen:

- der Modellierung des Subsystems Gebäude
- Dynamik - Module für das System Bestand

Die Modellierung eines Gebäudebestandes erfolgt per Definition über die Modellierung einzelner Gebäude, d. h. die Phänomene, die auf Gebäudeebene auftreten, werden auf einen Bestand übertragen, und bezüglich der erforderlichen Phänomene - vor allem hinsichtlich der dynamischen Prozesse - auf Bestandsebene ergänzt. Eine Datenbank, die eine große Anzahl modellierter Gebäude enthält, bildet die Grundlage für die Auswahl von **Referenzgebäuden** für die Bestandsmodellierung. Die Gebäude werden aufgrund von Attributen ausgewählt, die bei der Bestandsanalyse entsprechend des Untersuchungsziels festgelegt werden. Die Bestandsanalyse kann in verschiedenen Detaillierungsgraden erfolgen, welche Einfluß auf die Bestimmung der Attribute und damit auf die Auswahlmöglichkeiten und Auswahlqualität der Referenzgebäude hat.

Die Gebäudedatenbank enthält Daten über viele Gebäude, die in unterschiedlicher Genauigkeit und in unterschiedlichem Umfang erfaßt und modelliert sind. Es handelt sich quasi um eine Modellierung in verschiedenen Maßstäben: je kleiner der Maßstab, desto umfassender ist die Modellierung der Gebäude. Da eine differenzierte Modellierung neben umfangreichen Daten auch einen großen Zeitaufwand benötigt, werden erst nur wenige Gebäude detailliert erfaßt. Umgekehrt gilt: je weniger umfangreich die Modellierung, desto mehr Gebäude werden in der Datenbank vorgehalten. Die Grundlagen für die Auswahl der Gebäude und die einzelnen Erfassungsstufen werden später erläutert (s. Kap. 4.2.3 S. 94).

Die Auswahl der Gebäude für die Bestandsmodellierung kann in Abhängigkeit von der Bestandsanalyse auf verschiedenen Hierarchie- bzw. Maßstabsebenen erfolgen. Es ergibt sich eine umgekehrte Analogie zu der Anzahl der Attribute, die das Auswahlkriterium bilden und der Anzahl der Referenzgebäude, die dann für diese Auswahl zur Verfügung stehen. Bilden nur wenige Attribute die Auswahlkriterien, so lassen sich meist viele Gebäude in der Datenbank finden und umgekehrt (s. Abb. 4.3: S. 82).

Mit Hilfe der Gebäude können auf den verschiedenen Maßstabsebenen Kennwerte gebildet werden. Durch die **dynamische Kennwertbildung** ist *keine* vorgegebene Typisierung der Gebäude erforderlich. Die Kennwerte werden vielmehr jeweils nach Anforderung generiert - und zwar

speziell für den jeweiligen Untersuchungszweck. Je nach vorhandenen Gebäuden, die hierfür eine Basis bilden, kann die Zahl der Gebäude, mit deren Hilfe ein Kennwert generiert wird, differieren. Sind die Grundlagen in der Datenbank nicht ausreichend, so müssen weitere Gebäude hinzugefügt werden. Diese stehen dann für kommende Untersuchungen wieder zur Verfügung und verbessern somit kontinuierlich die Datengrundlage.

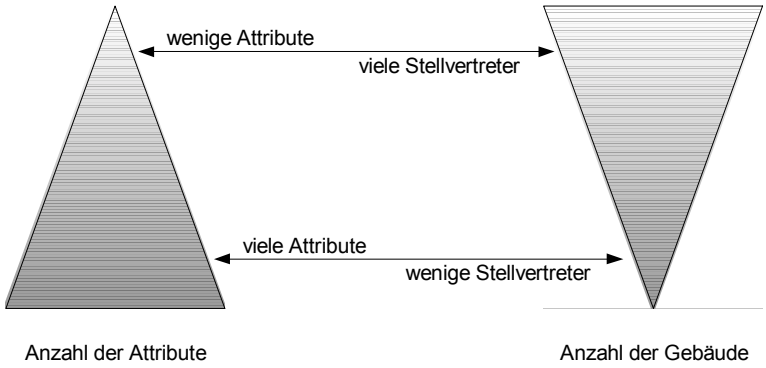


Abb. 4.3: Prinzipielle Beziehung zwischen Anzahl der Gebäude und Detaillierungsgrad

Da die Modellierung eines Bestandes stark von der Modellierung der Gebäude abhängig ist, wird in den folgenden Abschnitten zuerst die Modellierung der Gebäude und dann das Vorgehen für die Bestandsmodellierung erläutert.

4.2 Modellierung von Gebäuden

Bei der Modellierung der Gebäude lassen sich, wie auch bei der späteren Bestandsmodellierung, statische und dynamische Komponenten unterscheiden. Die **statische Komponente** beschreibt den Zustand eines Gebäudes zu einem festgelegten Zeitpunkt. Dies kann in unterschiedlichen Maßstäben erfolgen; je kleiner der Maßstab, desto umfassender die Modellierung und umgekehrt.
Die **dynamische Komponente** erlaubt die Betrachtung der Veränderung des Gebäudes während eines Zeitraums. Nicht für jeden Modellzweck ist es notwendig, über beide Komponenten zu verfügen. Für Untersuchungen, die sich beispielsweise ausschließlich mit der materiellen Zusammensetzung oder dem Zustand der Gebäude befassen (Sachbilanz zu einem bestimmten Zeitpunkt), kann eine rein statische Modellierung ausreichend sein. Sollen jedoch Szenarien für einer weitere Entwicklung simuliert werden, so ist immer eine dynamische Komponente erforderlich.

Im Gegensatz zu der statischen Komponente, wo die Gebäude teilweise mit *erfaßten* Daten modelliert werden, handelt es sich bei den dynamischen Daten mit Ausnahme der dokumentierten Gebäude immer *modellierte* Daten (s. Kap. 4.2.3 S. 94), (s. Kap. 5.2.1 S. 122).

4.2.1 Statische Gebäudemodellierung

Für die statische Modellierung von Gebäuden sind zunächst neben der räumlichen Systemgrenze die Funktion, die Systemelemente und deren Relationen bestimmend. Die räumliche Systemgrenze wurde mit der Außenhülle des Gebäudes festgelegt. Durch die räumliche Systemgrenze ist das System bestimmt. Alle für den Untersuchungszweck relevanten innerhalb des Systems liegenden Elemente und deren Relationen, sollten nun bei einer Modellierung einfließen. Die Modellierung erfolgt sowohl über qualitative wie auch quantitative Merkmale.

In den folgenden Abschnitten wird die Modellierung für das System Gebäude und dessen Systemelementen - Bauteile und Räume - erläutert. Dabei wird von einer möglichst umfangreichen Modellierung - also dem kleinsten Maßstab - ausgegangen. Die Gebäudeerfassung für die statische Modellierung ist auf den Zustand der Baufertigstellung des Gebäudes bezogen, d. h. mit allen fertigen Oberflächen (Holzböden, Teppiche, Tapeten und Anstriche), sowie fest installierten Objekten und Anlagen (Sanitärobjekte, Heizkessel, Klimaanlagen, Aufzüge etc.). Aufgrund unterschiedlicher Qualitäten erfolgt die komplette statische Modellierung in drei verschiedenen Modellkomponenten.

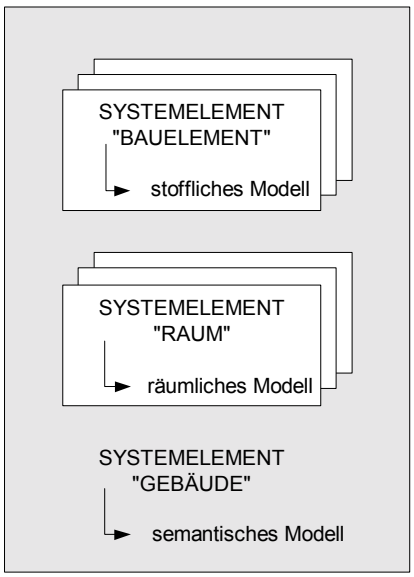


Abb. 4.4: Beziehung der Modellkomponenten für die Statische Modellierung

Neben der **räumlichen** und **stofflichen** Modellierung auf Ebene der Systemelemente „Bauteil“ und „Raum“ erfolgt eine **semantische** Modellierung auf Ebene des Subsystems „Gebäude“.

4.2.1.1 Stoffliche Gebäudemodellierung

Das Systemelement „Bauteil“ bestimmt die Baustruktur und kann als „stoffliches“ Grundelement des Systems Gebäude bezeichnet werden. Die Bauelemente begrenzen das Systemelement „Raum“; sie bestimmen die wesentlichen Stoffströme eines Gebäudes und stehen in unmittelbarerer Beziehung mit den Bauwerkskosten (Kostengruppe 300 und 400 [DIN 276]). Dies führt zu der primären Unterscheidung zwischen einem **Konstruktionselement** und einem**Technikelement**.

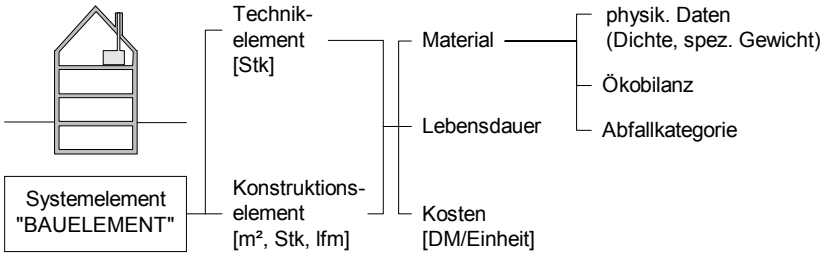


Abb. 4.5: Stoffliches Gebäudemodell

Um die Gebäude stofflich zu erfassen, gibt es verschiedene Möglichkeiten, z. B. eine Materialstückliste, die Erfassung nach Bauelementen, die nach unterschiedlichen Vorgaben gegliedert sein kann, oder eine gewerkeorientiere Erfassung wie in Leistungsverzeichnissen üblich. Die Erfassung mittels der Elementmethode hat sich in diesem Zusammenhang bewährt [OGIP 96], [KOBEK 96], [KLI 99], [LEGOE 00]. Diese elementweise Beschreibung von Gebäuden führt zu einer kompletten Erfassung aller im Gebäude vorhandenen materiellen Bestandteile; die Erfassung ist zweckmäßig, da sie auch gleich eine Klassifizierung der Bauteile ermöglicht (beispielweise wird durch die Elementbeschreibung deutlich, ob es sich um Beton in Decken, oder in tragenden bzw. nichttragenden Wänden handelt), die für die spätere Modellierung der Dynamik wichtig ist. Dabei werden drei Elementebenen eingeführt:

- Makroelement
- Grobelement
- Feinelement (Leistungspositionsebene)

Die Erfassung erfolgt üblicherweise auf Feinelementebene. Gemäß der Gliederung der [DIN 276] werden diese dann zu Grob- oder Makroelemen-

ten zusammengefaßt. (Die Begriffe Makro-, Grob- und Feinelement werden in der [DIN 276] nicht verwendet.) Bei Übernahme der [DIN 276] liegt ein weiterer Vorteil darin, daß für Elemente bzw. Leistungspositionen Kostenkennwerte in verschiedenen Publikationen vorhanden sind, wie sie von Architekten üblicherweise für Kostenschätzung und Kostenberechnung verwendet werden (z. B. [BKI 01], [SIRADOS]).

KGR	Makroelement	KGR	Grobelement	Feinelement
330	Außenwände	331	Tragende Außenwände	KS-Mauerwerk
		332	Nichttragende Außenwände	
		333	Außenstützen	
		334	Außentüren und -fenster	
		335	Außenwandbekleidungen außen	Kalk Zement Putz
				Wärmedämmung
		336	Außenwandbekleidung innen	Gipsputz
				Raufasertapete
				Anstrich
		337	Elementierte Außenwände	
		338	Sonnenschutz	
		339	Außenwände, sonstiges	

Tab. 4.1: Beispiel für Gliederungsstufen der Elemente nach [DIN 276]

Würde man die Gebäude in einer reinen „Materialliste" erfassen, so gäbe es einerseits das Problem der Identifikation des Materials in verschiedenen Bauteilen - diese ist jedoch für die dynamischen Prozesse erforderlich - und andererseits auch nicht die Möglichkeit der Zuordnung von Kostenkennwerten wie bei der stofflichen Modellierung. Darüberhinaus muß für die Berechnung des Wärmebedarfs der Aufbau der Hüllflächen und deren Ausrichtung bekannt sein, was bei einer ausschließlich materialmäßigen Erfassung nicht gegeben ist. In der Datenbank gibt es jedoch eine Verknüpfung der Elementkataloge, die es ermöglicht, die materielle Zusammensetzung der Gebäude darzustellen, da diese für Stoffstromuntersuchungen notwendig ist.
Die Beschreibung der Gebäude erfolgt wie bei einer Leistungsbeschreibung qualitativ und quantitativ. Als Grundlage für die Elementerfassung bieten sich bereits bestehende Elementkataloge an, wie sie üblicherweise für Ausschreibungen benutzt werden. Für Bauweisen älterer Gebäude müssen die Elementkataloge entsprechend ergänzt werden.

Mittels der stofflichen Modellierung über die Bauteile soll der durch das Gebäude verursachte **Stoffstrom,** und über die Verknüpfung mit Sach- und Wirkungsbilanzen die durch ihn hervorgerufene **Umweltbelastung** in Form von Rohstoffentnahme, der dadurch resultierendem Energieverbrauch und die Emissionen bestimmt werden. Daraus ergibt sich, daß *alle* im Gebäude vorhandenen Baustoffe in ihrer Menge erfaßt werden müs-

sen. Um die stoffliche Zusammensetzung der Gebäude zu erhalten, gibt es in der Datenbank eine Transformationstabelle, die auf Feinelementebene eine Verknüpfung zu den entsprechenden Materialinhalten erstellt.

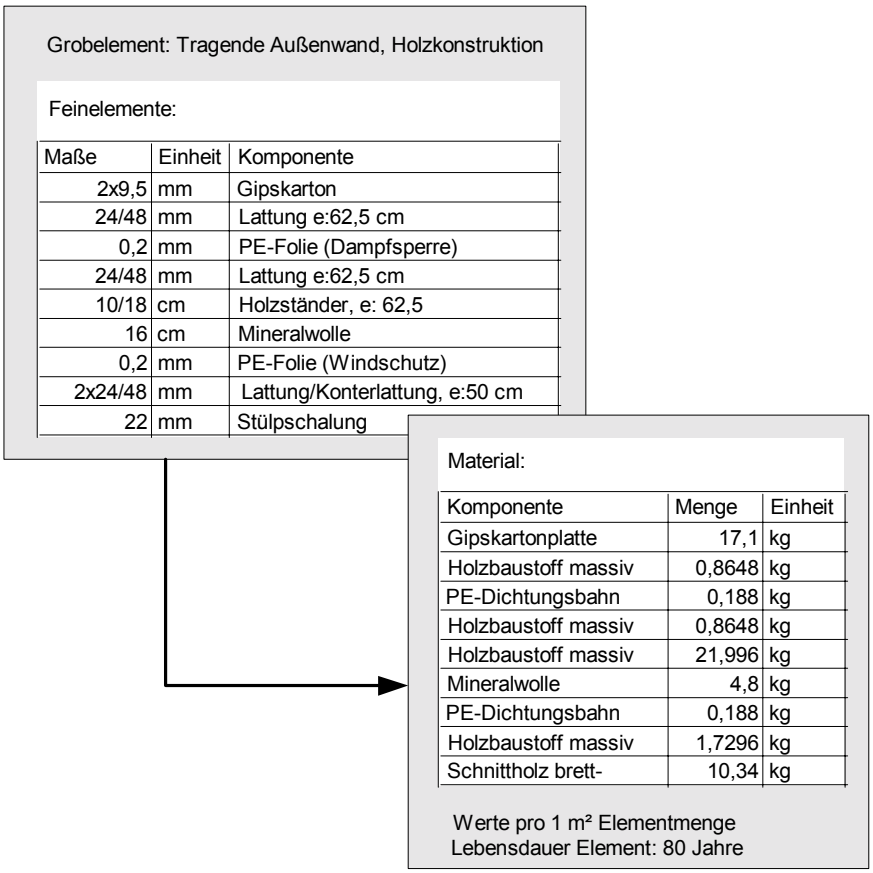


Abb. 4.6: Datenverknüpfung zwischen Element und Materialdaten

Wenn die materielle Zusammensetzung des Gebäudes in den einzelnen Materialgruppen bekannt ist, kann mittels einer Verknüpfung zu entsprechenden Wirkungsbilanzdaten [BÖI 95], [GEMIS 98], [GEMIS 99], die durch die verwendeten Materialien hervorgerufene Umweltbelastung für das Gebäude ermittelt werden.

Da die zeitliche Systemgrenze nicht auf den Lebenszyklus des Gebäudes, sondern auf den Lebenszyklus der im Gebäude enthaltenen Stoffe begrenzt ist, müssen die durch die Herstellung der Baustoffe bedingten Umweltbelastungen mit erfaßt werden. Dies geschieht mittels der Ökobilanzierung nach den internationalen [SETAC] Richtlinien, ISO Normen sowie der CML Bewertungsverfahren [SETAC 92], [SETAC 96]. Im Rahmen der Projekte [KOBEK 96] und [OGIP 96] wurden diese Verfahren für den Baubereich angepaßt. In [KOBEK 96] wurden Sachbilanzen und Wirkungsbilanzen für ca. 150 Baustoffe erstellt. Diese bilden bislang neben [GEMIS 98], [GEMIS 99] die umfangreichsten und konsistentesten Datengrundlagen in diesem

Kontext. Daten für die energetischen Vorstufen der Bilanzierung von Energie- und Stoffströmen stammen aus den Prozeßkettenanalysen von Energiesystemen. Die Menge der bislang bilanzierten Baustoffe bildet lediglich eine Grundlage [BÖI 95]. Sie ist noch nicht für alle Belange ausreichend (z. B. für die Ermittlung der Schadstoffbelastung in Innenräumen). Neben diesen Sach- und Wirkungsbilanzen sind auf der Ebene „Material" physikalische Daten wie Dichte, Gewicht, oder Wärmeleitfähigkeit erforderlich (s. Abb. 4.7: S. 87).

Material Komponente	Lebensdauer Jahre	Stofffluß [kg]	Treibhauspot. [kg CO2-Äq.]	Versauerung [kg SO2-Äq.]	Schwermetalle [kg Pb-Äq.]	Eco-Indicator 95 [Ecopoints]	PEB n.e. [TJ]
Gipskartonplatte	40	34,2	9,21	0,0506	0,0000481	0,0173	0,000154
Holzbaustoff massiv	40	1,73	-0,799	0,00244	0,000011	0,00125	0,00000322
PE-Dichtungsbahn	40	0,376	1,96	0,00892	0,000423	0,0417	0,0000323
Holzbaustoff massiv	40	1,73	-0,799	0,00244	0,000011	0,00125	0,00000322
Holzbaustoff massiv	80	22	-10,2	0,031	0,00014	0,0158	0,000041
Mineralwolle	25	14,4	21,6	0,144	0,000187	0,0443	0,000283
PE-Dichtungsbahn	25	0,564	2,93	0,0134	0,000635	0,0625	0,0000485
Holzbaustoff massiv	25	5,19	-2,4	0,00732	0,0000331	0,00374	0,00000967
Schnittholz brett-	25	31	-28,5	0,068	0,000254	0,0358	0,000102
Summe Element		111	-6,99	0,328	0,00174	0,224	0,000676

Abb. 4.7: Ausschnitt aus der Datenverknüpfung auf der Ebene „Material"

Für die Erfassung der Gebäude können EDV-Programme eingesetzt werden, wie sie bereits in Forschungsprojekten [KOBEK 96] und [LEGOE 00] entwickelt wurden. Im Projekt [LEGOE 00] wurde ein Werkzeug geschaffen, das aktuelle Elementkataloge, die bereits mit einem bewerteten Materialkatalog in einer Datenbank verknüpft sind, vorhält. Werden die in den Elementen enthaltenen Materialien mit den dazugehörigen Umweltbelastungen für das gesamte Gebäude aufaddiert, so entsteht eine bewertete Sachbilanz für ein Gebäude. Dieser Vorgang ist zunächst für das *fertiggestellte* Gebäude (Phase Neubau) erforderlich. Diese Daten werden dann für die Bestandsmodellierung verwendet. Weiterhin liefert [LEGOE 00] die Berechnung der Kosten und den Wärmeschutznachweis. Die Daten, die das Werkzeug über den Lebenszyklus der Gebäude liefert, können jedoch nicht ohne weiteres für die dynamische Bestandsmodellierung verwendet werden, da keine Erneuerungspakete, wie sie für die dynamische Bestandsmodellierung notwendig sind, gebildet werden können. Hier werden andere Schritte für die Modellierung angewendet (s. Kap. 4.2.2 S. 90).

4.2.1.2 Räumliche Gebäudemodellierung

Die Bildung von Räumen steht in direktem Zusammenhang mit deren Hüllflächen. Die Relationen, die sich aus Wandflächen (senkrechte Hüllflächen) und Boden- bzw. Deckenflächen ergeben, sind bislang nur wenig erforscht. Zwar gibt es beispielsweise Kennwerte über Verhältnisse zwischen Fenster- und Außenwandflächen, sowie Hauptnutzflächen zu Verkehrsflächen, doch es wurden bislang nur wenige der für komplexere Modelle erforderlichen Flächenrelationen untersucht - der Bezug zu daraus entstehenden Materialmengen wurde bislang noch nirgends betrachtet.

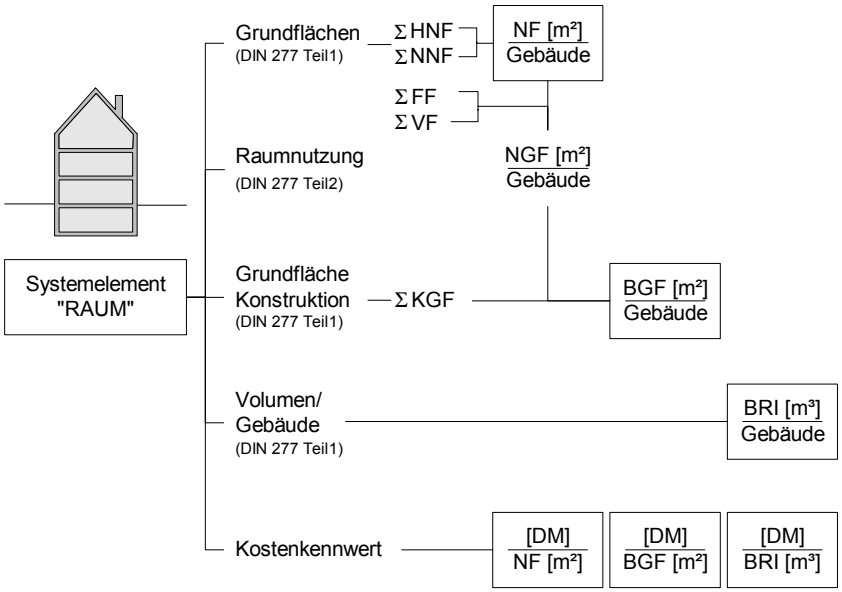


Abb. 4.8: Räumliches Gebäudemodell

Auch hier können mit dem Basismodell weitere Erkenntnisse gewonnen werden. Hierfür ist es jedoch notwendig, die Flächen- und Raumdaten parallel zu den stofflichen Daten zu erheben. Die Hüllfächen der einzelnen Räume sind zwar bereits auf der Materialebene erfaßt; allerdings wird hier noch *kein* direkter Bezug zu den Räumen hergestellt. Für das Systemelement „Raum" sind die **Flächen** und **Volumen** der Räume von Interesse. Bei der Gebäudeerfassung sollte eine vollständige Flächenermittlung nach [DIN 277] quantitativ und qualitativ erfolgen; diese geschieht für das Basismodell aber auf das Gebäude und *nicht* auf die Räume bezogen. Soll eine Beziehung zu Raumbüchern hergestellt werden, so müssen entsprechende Ergänzungen in der Datenbank erfolgen. Die Erfassung der Flächen auf Gebäudeebene ist eine wesentliche Grundlage für die spätere Bildung von **Gebäudekennwerten** (s. Kap. 4.3.2.1 S. 101). Neben den Flächen sind auch die Volumen eines Gebäudes von Interesse. Deren Berechnung ist ebenfalls in der [DIN 277] festgelegt.

Sinnvollerweise sollten auch bei der Modellierung über die Flächen und Volumen Kostenkennwerte angegliedert werden. Dies kann gemäß der Gliederung nach der [DIN 277] und der Kostenflächenartenmethode (KFA-Methode) der Informationsstelle Wirtschaftliches Bauen der Staatlichen Hochbauverwaltung Baden-Württemberg (IWB) über Kennwerte des Raumzuordnungskatalogs geschehen, oder über die Umrechnung der Kosten gemäß DIN 276 bei der Erhebung über Leistungspositionen aus der Modellierung über die Bauelemente (s. Kap. 4.2.1.1 S. 84).

4.2.1.3 Semantische Gebäudemodellierung

Die Semantische Gebäudemodellierung erfolgt über die Beschreibung eines Gebäudes mittels vordefinierter Attribute. Unter Attributen sind hier alle weiteren Daten zu verstehen, die das System Gebäude als Einheit qualitativ beschreiben. Hierbei handelt es sich überwiegend um Komponenten, die für die spätere Verknüpfung von den Gebäudedaten zu den Bestandsdaten erforderlich sind.

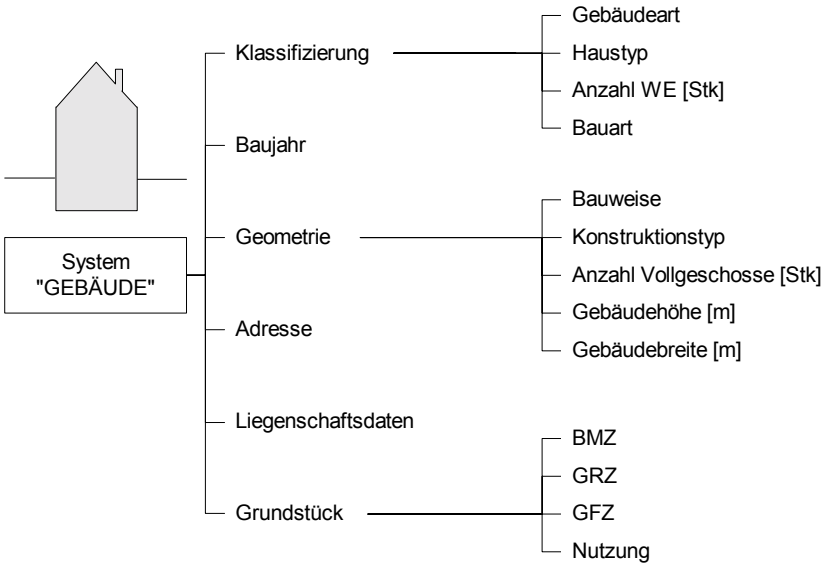


Abb. 4.9: Semantisches Gebäudemodell

Die Attribute werden u.a. für die **Klassifizierung** des Gebäudes herangezogen (s. Kap. 5.2 S. 122). Attribute sind z. B.

- Gebäudetyp
- Baujahr
- Bauweise
- Konstruktionstyp
- Anzahl Vollgeschosse
- etc.

Für alle Attribute müssen **Werte** festgelegt werden, z. B. für das Attribut „Nutzung“:

- wohnen
- produzieren
- lagern
- wohnen und verkaufen
- etc.

Daraus ergeben sich dann die Werte einer **Nutzungsklassifizierung** der Gebäudeart:

- Wohnhaus
- Betriebsgebäude
- Lagergebäude
- Wohn- und Geschäftshaus
- etc.

Es gibt unterschiedliche Klassifizierungen der Nutzung von Gebäuden (z. B. statistisches Bundesamt, Bauwerkzuordnungskatalog, Verwaltungsvorschrift für die Führung des Liegenschaftsbuches mit automatischer Datenverarbeitung). Für die spätere Datenhaltung (s. Kap. 5.2.2 S. 126) *muß* auf jeden Fall mit einheitlichen Konventionen gearbeitet werden. Die Attribute sind für die weitere Verknüpfung der Referenzgebäude mit den aus der Bestandsanalyse gewonnenen Daten wichtig.

4.2.2 Dynamische Gebäudemodellierung

Die statische Modellierung erlaubt, ein Gebäude zu einem Zeitpunkt t_0 zu modellieren. Bei der Simulation einer Entwicklung spielt jedoch die Dynamik des zu untersuchenden Gegenstandes eine entscheidende Rolle. Im Kapitel 3 (s. Kap. 3.2.4 S. 46) sind die im Laufe des Gebäudelebenszyklusses wesentlichen dynamischen Parameter - Alterung und verschiedene Maßnahmen - bereits aufgezählt. Die Modellierung der Dynamik kann in allen drei Modellkomponenten der Gebäudemodellierung - stofflich, räumlich und semantisch - erfolgen. Welche Modellkomponente betroffen ist, hängt von der Maßnahme ab:

	stoffliches Modell	räumliches Modell	semantisches Modell
Instandsetzung	x		
Modernisierung	x	x	
Sanierung	x		
Renovierung	x		
Umbau	x	x	x
Anbau	x	x	x
Ausbau	x	x	x
Restaurierung	x		
Rekonstruktion	x		

Tab. 4.2: Betroffene Modellkomponente in Abhängigkeit zur Maßnahme

Sowohl das räumliche, wie auch das semantische Modell wird nur von den definierten Sonderfällen betroffen und somit für das Basismodell als statische Komponente betrachtet; d. h., Räume bleiben im Laufe der Lebensdauer in Größe und Funktion erhalten und ändern sich nicht. Die bei der Gebäudeerfassung zugeordneten Attribute werden ebenfalls im Standardsystem *nicht* durch die Dynamik beeinflußt.

Für das Basismodell werden die dynamischen Prozesse gemäß der Standardsystemdefinition (s. Kap. 3 S. 35) zunächst nur für den Fall einer adäquaten Instandhaltung, sowie für den Gebäudebetrieb auf stofflicher Basis modular bereitgestellt. Dabei wird von einer Lebensdauer von 100 Jahren ausgegangen. Die dafür erforderlichen Veränderungen werden nach dem Prinzip der stofflichen Modellierung qualitativ und quantitativ beschrieben. Die Modellierung erfolgt für die im Gebäudelebenszyklus relevanten Phasen

- Neubauphase
- Nutzungsphase
- Abbruchphase

Die stoffliche Modellierung für die Neubauphase wurde bereits beschrieben - entscheidend für die dynamischen Prozesse sind nun die in der Nutzungsphase auftretenden Maßnahmen und Prozesse: **Instandhaltung** und **Betrieb**.

Grundlage für die Modellierung der Alterung und damit der Instandhaltung sind die angenommenen Lebensdauern der Bauelemente auf Leistungspositionsebene. Jedem Feinelement werden Lebensdauern zugewiesen. Für die Modellberechnung wird sozusagen eine **kontinuierliche Erneuerung** angenommen, d. h., nach Ablauf der Lebensdauer wird ein Element durch das *gleiche* Element ersetzt. Dies geschieht über die ganze

Lebenszeit eines Gebäudes, die zu Beginn der Berechnung festgelegt wird. Zur Feststellung des Gesamtstoffstroms während der Nutzungsphase eines Gebäudes, werden alle auftretenden Stoffmengen - Input und Output - aufaddiert. Dieses Verfahren für die Stoffstromermittlung wird u. a. auch in den Projekten [KOBEK 96] und [LEGOE 00] angewendet.

$$
\begin{aligned}
&\Sigma \text{ Stoffstrom Neubau} \\
&\Sigma \text{ Stoffstrom Instandhaltung} \\
+\ &\Sigma \text{ Stoffstrom Betrieb} \\
\hline
= \ &\Sigma \text{ Stoffstrom Gebäude während der Lebensdauer}
\end{aligned}
$$

Abb. 4.10: Stoffstrom während der Gebäudelebensdauer

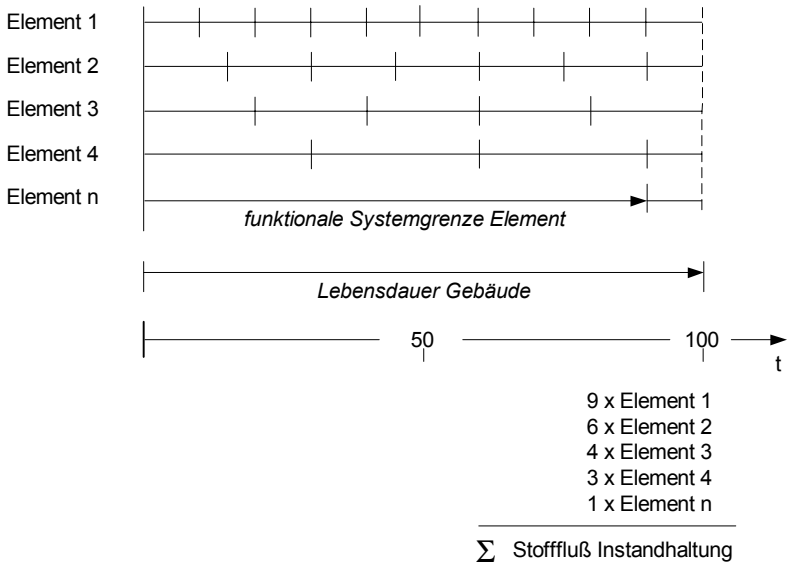


Abb. 4.11: Modellierung des Stoffstrom für die Instandhaltung

Direkte Abhängigkeiten der Baumaßnahmen (beispielsweise kann in der Realität Putz nicht ohne die darüberliegende Tapete erneuert werden) werden nicht berücksichtigt. Ebensowenig fließen technische Neuerungen in das „Standarderneuerungsmodell" ein.

Ein Modell, das erlaubt, technische Neuerungen bei der Alterung der Gebäude zu berücksichtigen, müßte für jedes Element einen Prozentsatz für mögliche „Elementnachfolger" festlegen. Das würde bedeuten, daß z. B. ein Holzfenster von 1930 bei einer Erneuerung zu festgesetzten Teilen durch ein Kunststoffenster, Alufenster, Holzfenster und Verbundfenster des aktuellen Baujahres ersetzt wird. Dieses Vorgehen wäre auf Gebäudeebene nur für ein „virtuelles Gebäude" möglich (s. Kap. 4.2.3 S. 94). In einem Teilbestandes kann das Verfahren auf reale Gebäude angewendet

werden, so daß ein bestimmter Prozentsatz der Gebäude entsprechende Elementnachfolger erhält (s. Kap. 4.3 S. 96). Bislang gibt es jedoch keine Datengrundlagen, die hier zu verläßlichen Angaben beitragen.

In der Realität findet Erneuerung nicht kontinuierlich auf der Feinelementbasis, sondern periodisch für mehrere Elemente gleichzeitig statt. Zur Simulation dieser **periodischen Erneuerung** werden die im Modell kontinuierlich vorgesehenen Maßnahmen zu **Erneuerungspaketen** zusammengefaßt. Die stofflichen Inhalte werden im Modell allein aufgrund der Elementlebensdauern gebildet und nicht aufgrund realer Maßnahmen. Diese Pakete werden als Teil- und Gesamterneuerung (TE, GE) bezeichnet. Hierfür wird für das Basismodell ein durchschnittlicher Zeitraum von jeweils 25 Jahren festgelegt. Dieser kann bei Bedarf auch variiert werden. Diese Erneuerungspakete spielen für die dynamische Modellierung auf Bestandsebene eine wichtige Rolle.

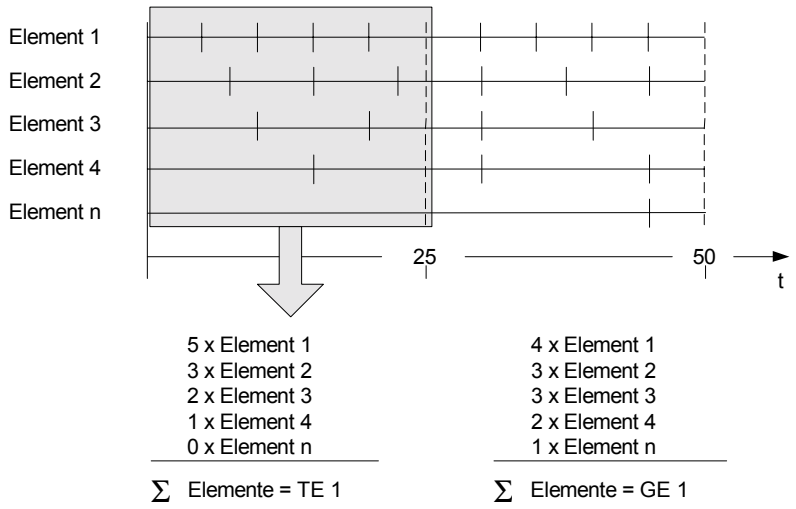


Abb. 4.12: Bildung der Erneuerungspakete

Teil- und Gesamterneuerungspakete unterscheiden sich, was ihren stofflichen Inhalt anbelangt insofern, als daß innerhalb der Gesamterneuerung auch Elemente mit einer langen Frequenz (z. B. Dachdeckung) enthalten sind. Auf diesem Weg wird im Modell eine sinnvolle Abstraktion vorgenommen, die das Stoffflußverhalten für die Instandhaltung während der Nutzungsphase eines Gebäudes relativ gut charakterisiert. Es ist zu beachten, daß die in den Erneuerungspaketen enthaltenen Maßnahmen in der Realität nicht zeitgleich geschehen. Dieses Vorgehen ist für die Modellbildung nur im Hinblick auf die Bestandsmodellierung sinnvoll und nicht für die Untersuchung einzelner Gebäude anzuwenden.

In der Nutzungsphase sind neben den Stoffflüssen, die durch die Instandhaltungsmaßnahmen der Gebäudekonstruktion anfallen, noch die

Stoffflüsse, die durch den **Gebäudebetrieb** entstehen, von Interesse: der Energieaufwand für Wärme, Kälte und Licht, sowie der Verbrauch an Wasser. Diese werden als Kennwerte pro Jahr pro Einheit (z. B. Gebäude, Nutzfläche, Bruttorauminhalt, etc.) erfaßt. Energetische Verbesserungen im Zuge von Instandhaltungsmaßnahmen können dann durch Anpassung der entsprechenden Faktoren simuliert werden.

Die herstellungs- sowie die abbruchbedingten Prozesse sind bereits in der Materialdatenbank hinsichtlich ihrer Belastungen integriert. Hinzu kommt noch ein Schlüssel, der das Bauelement einer Abfallkategorie zuordnet, um spätere Entsorgung oder Deponiebelastung ermitteln zu können. Bei der Phase Abbruch wird die gesamte Stoffmenge des Gebäudes, wie es entsprechend beim Neubau beschrieben wurde, angerechnet.

Die Ermittlung der zu den Stoffflüssen gehörigen **Kosten** über den Lebenszyklus erfolgt über die den Elementen zugeordneten Kostenkennwerte. Die Instandsetzungskosten ermitteln sich über die Elementkosten der Erneuerungspakete. Die Betriebskosten werden gemäß der [DIN18960] ermittelt und als Kosten pro Jahr pro Einheit schließlich auf Gebäudeebene ausgewiesen.

4.2.3 Umfang der Gebäudemodellierung

Die Modellierung der Gebäude kann in verschiedenen Maßstäben, d. h. in unterschiedlicher Detaillierung erfolgen. Neben dem Grad der Detaillierung spielt auch die Vollständigkeit eine Rolle. Die Vollständigkeit kann sich einerseits auf das Vorhandensein der drei Modellkomponenten - stofflich, räumlich, semantisch - beziehen, sowie auf eine Vollständigkeit innerhalb dieser Modelle. So kann die stoffliche Modellkomponente vollständig und detailliert sein - die räumlichen und semantischen gänzlich fehlen. Es können aber auch von jeder Komponente Teile in unterschiedlichen Maßstäben vorliegen, z. B. stofflich komplett, räumlich nur Bruttogeschoßfläche und Bruttorauminhalt und semantisch nur wenige Informationen.

Für die Modellierung und Erfassung der Gebäude wird inhaltlich *keine* hierarchische Struktur vorgegeben. Eine Hierarchie wäre nur bei einem vordefinierten Untersuchungszweck möglich, was dem Grundgedanken des Modularen Modells widerspricht. In der Gebäudedatenbank können sich daher beliebig viele unterschiedlich modellierte Gebäude befinden. Diese Gebäude werden als **Referenzgebäude** bezeichnet.

Je nach Umfang der Modellierung werden die Referenzgebäude unterschieden nach

- Repräsentanten,
- virtuellen Repräsentanten,
- Gebäudefragmenten,
- Archetypen und
- historisch dokumentierten Gebäuden

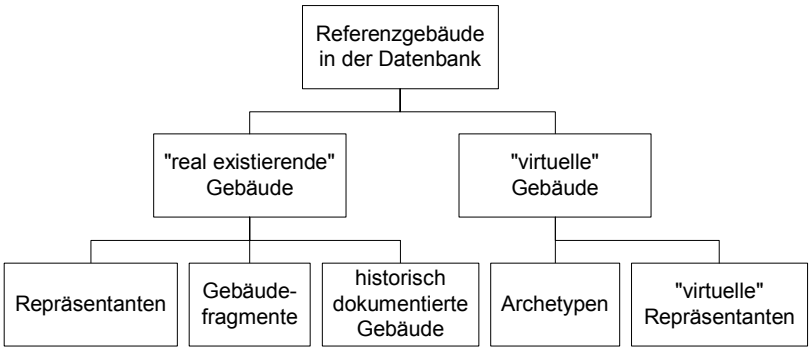


Abb. 4.13: Klassifizierung der Referenzgebäude

Repräsentanten sind real existierende Gebäude, die stofflich, räumlich und semantisch umfangreich beschrieben und modelliert in der Datenbank abgelegt werden. Repräsentanten verfügen über alle drei Modellkomponenten - die stoffliche, die räumliche und die semantische - und liefern damit die umfangreichsten Informationen aller in der Datenbank vorhandenen Gebäude. Die statische Modellierung beschreibt den Zustand, der dem der Baufertigstellung entspricht. Der Lebenszyklus wird simuliert, die entsprechenden Erneuerungspakete je Gebäude in einer Modellrechnung ermittelt und in der Datenbank dem Gebäude zugeordnet gespeichert.

Virtuelle Repräsentanten entstehen durch „materielle Variation" der Repräsentanten. Um virtuelle Repräsentanten zu erhalten, werden Bauteile der Repräsentanten in ihrer stofflichen Zusammensetzung variiert, die Gebäudegeometrie (Volumen und Flächen) bleibt jedoch erhalten. Bei den Varianten ist darauf zu achten, daß sie für das jeweilige Gebäude gesamtheitlich sinnvoll sind (z. B. keine Holzkonstruktion für Hochhäuser, etc.). Auch hier sind wieder alle drei Modellkomponenten vorhanden, wobei sich das räumliche und semantische Modell gegenüber dem Repräsentanten *nicht* ändert.

Gebäudefragmente sind real existierende Gebäude, die für einen bestimmten Zweck erhoben wurden und deren Datensatz unvollständig ist. Sie beschreiben einen Zustand zu einem beliebigen Zeitpunkt und sind

daher zunächst nur für die statische Modellierung und strukturelle Untersuchungen geeignet. Sollen sie im Modell gealtert werden, so muß der Zustand der Erfassung bekannt sein. In der Regel sind hier keine Bauelemente erfaßt. Meist verfügen sie über Inhalte, die dem räumlichen oder semantischen Modell angehören.
Unter **Archetypen** werden abstrakte Gebäudedatensätze verstanden. Hierbei kann das Gebäude nur über anteilige Stoffmengen oder Elementmengen (Anteil Außenwand, Innenwand, Fensterfläche, etc.) beschrieben werden. Archetypen werden aus Daten von Repräsentanten, virtuellen Repräsentanten, sowie Gebäudefragmenten generiert. Sie bilden quasi einen Datensatz bestehend aus Kennwerten für ein Typengebäude, wie es meist den typologischen Modellen zugrunde liegt.
Bei den **historisch dokumentierten Gebäuden** handelt es sich um Gebäude, die möglichst umfangreich beschrieben und auch bezüglich ihrer tatsächlichen Veränderung im Laufe der Zeit sowohl räumlich, wie auch stofflich untersucht werden, d. h. das Gebäude wird in verschiedenen Zuständen erfaßt. Für diese Gebäude sind meist alle drei Modellkomponenten erforderlich und auch die Veränderungen werden für alle Modellkomponenten beschrieben; sie sind vor allem hinsichtlich der Validierung der dynamischen Modellierung erforderlich.

4.3 Modellierung von Gebäudebeständen

Der Bestand, der den Untersuchungsgegenstand bildet, wird mittels einer Systemgrenze über die Festlegung verschiedener Merkmale bestimmt. Bevor eine Bestandsmodellierung erfolgen kann, ist neben der qualitativen Systemanalyse eine **quantitative Bestandsanalyse** des zu modellierenden Bestands notwendig. Mittels dieser wird die Struktur, d. h., die Zusammensetzung des Bestandes hinsichtlich der in ihm befindlichen Gebäude, *quantitativ* ermittelt. Die Einheit ist dabei beliebig (z. B. Anzahl Gebäude, m^2 Bruttogeschoßfläche, m^3 Bruttorauminhalt, etc.), aber die Ermittlung der Quantität ist für die Modellierung zwingend erforderlich.

4.3.1 Bestandsanalyse

Eine Bestandsanalyse ist erforderlich, um bei der späteren Modellierung der räumlichen und stofflichen Zusammensetzung des Bestandes, die geeigneten stellvertretenden Referenzgebäude aus der Datenbank zuordnen zu können. Ziel der Bestandsanalyse ist, den Bestand in aussagekräftige, möglichst **strukturell homogene Teilbestände** zu unterteilen.

Diese Teilbestände können als **reale Teilbestände** auf der Subsystemebene Gebäude oder als **abstrakte Teilbestände** auf den Systemelementebenen (Bauteil und Raum) gebildet werden.

4.3.1.1 Reale Teilbestände auf Ebene Gebäude

Durch die Festlegung einer bestimmten Anzahl von Attributen als deskriptive Systemgrenzen auf Gebäudeebene, wird das System Gebäudebestand in „Teilbestände" unterteilt. Diese müssen nicht zwangsweise als Subsysteme gesehen werden, sondern sind als Teilmengen im Sinne der Mengenlehre zu verstehen, wobei *alle* Teilmengen als Vereinigungsmenge das System Gebäudebestand bilden.

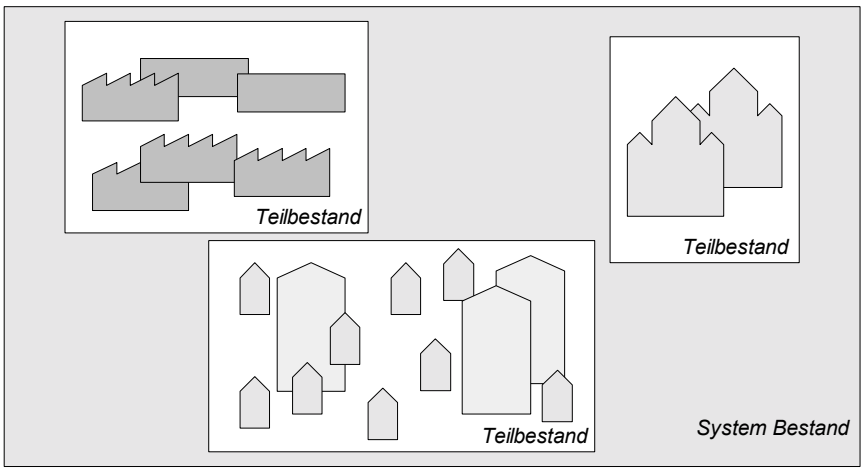


Abb. 4.14: Vereinigungsmenge „Bestand" mit Teilmengen „Teilbestände"

Neben den deskriptiven Systemgrenzen können bei der Bildung von realen Teilbeständen unter Umständen auch zeitliche Systemgrenzen sinnvoll sein; räumliche Systemgrenzen werden sich nur in Ausnahmefällen eignen. Zur Analyse der Bestandsstruktur lassen sich *alle* Attribute, die auf Ebene Gebäude beschrieben werden können, heranziehen. Je mehr Attribute auf einen Teilbestand zutreffen, desto homogener, aber auch kleiner wird dieser. Dabei ist bei den Berechnungen darauf zu achten, daß die Größe des Teilbestandes noch über eine statistische Signifikanz verfügt.

Die Bildung von **Gebäudeteilbeständen** für die Bestandsanalyse erfolgt schrittweise über die Auswahl mehrerer Attribute; dabei ist zu beachten, daß sich die im Bestand enthaltenen Gebäude immer *eindeutig* einem Teilbestand zuordnen lassen - ein Element kann immer nur Element eines Teilbestandes sein, Schnittmengen sind nicht erlaubt. Die Bildung der Teilbestände (Auswahl der Attribute und Werte) ist immer abhängig vom

Untersuchungszweck und der Datenlage. Neben diesem Aspekt ist bei der Teilbestandsbildung auch noch zu beachten, daß *immer* eine Quantifizierung erforderlich ist. Die Merkmale, die dabei zugrunde gelegt werden können, sind von der Datenlage über den Bestand abhängig.

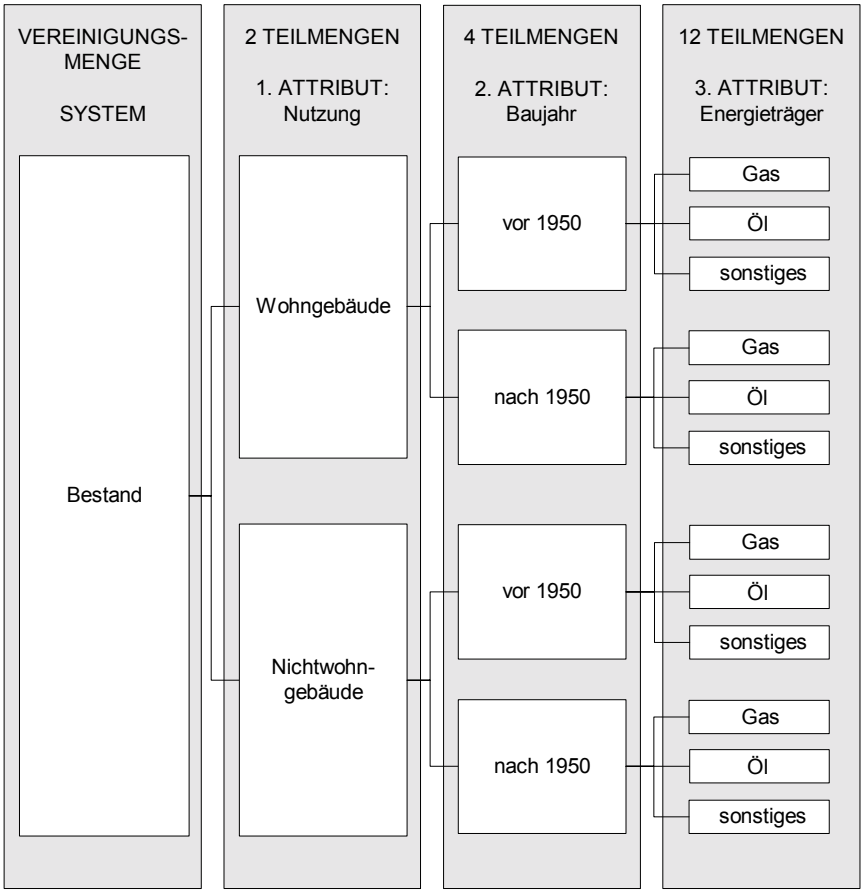


Abb. 4.15: Bildung von realen Gebäudeteilbeständen für die Analyse

Die Datengrundlage für die Bestandsanalyse ist erfahrungsgemäß meist schlecht und heterogen. Welche Datenquellen üblicherweise zur Verfügung stehen und welche Daten daraus zu entnehmen sind, wird in Kapitel 5 beschrieben (s. Kap. 5.1 S. 112). Dort folgt auch die Beschreibung der Verknüpfungs- und Überlagerungsmöglichkeit unterschiedlicher Datenquellen, um zu einer besseren Einschätzung des Bestands zu gelangen sowie die Erläuterung der Möglichkeiten der Ergänzung bei nicht vorhandenen Daten für die Bestandsanalyse (s. Kap. 5.2.3 S. 134). In den folgenden Abschnitten wird nun das prinzipielle Vorgehen bei der Bestandsmodellierung beschrieben.

Die Auswahl der Attribute führt je nach den eingesetzten Werten zu unterschiedlich homogenen Teilbestände (s. Tab. 4.3: S. 99).

Attribut	Teilbestand A	Teilbestand B
Baujahr	1960	1982
Nutzung	wohnen	produzieren
Gebäudetyp	Einfamilienhaus	Geschoßbau
Konstruktionstyp	massiv	Skelett

Tab. 4.3: **Beispiel für die Bildung von zwei Teilbeständen mit den gleichen Auswahlattributen**

Diese Kombination von Attributen beschreibt für den Teilbestand A einen sehr homogenen Teilbestand, der durch einen bestimmten Gebäudetyp, der überwiegend gleich gebaut ist, repräsentiert werden kann. So ist davon auszugehen, daß Materialmengen und Raumgrößen bei beliebigen Gebäuden, auf die diese Attributwerte zutreffen, nicht stark differieren. Bei der gleichen Attributauswahl mit anderen Werten, kann jedoch auch ein sehr heterogener Teilbestand entstehen, wie der Teilbestand B zeigt. Dieser Teilbestand kann schon allein durch die Größe (BRI, NF) der in ihm enthaltenen Gebäude stark variieren, ebenso durch das Hauptkonstruktionsmaterial, anteilige Fensterflächen, etc..

Das Wissen um die Zusammensetzung der Teilbestände und deren Homogenität, ist für die spätere Auswahl der Referenzgebäude für die Modellierung und deren Qualität entscheidend. Wichtig ist, die Faktoren, die die Heterogenität ausmachen, zu bestimmen. Dies kann hinsichtlich der Größe, der Konstruktionsart, Materialverwendung und Raumstruktur eines Gebäudes der Fall sein. Hier können zunächst Sensitivitätsanalysen eine Varianz für verschiedene Attribute verdeutlichen. Auch wenn es sich bei den Gebäudeteilbeständen um sogenannte *reale* Teilbestände handelt, können für die spätere Modellierung virtuelle Referenzgebäude eingesetzt werden. Der Bezug zur „Realität" wird bei der Bestandsanalyse hergestellt und ist nicht mit der späteren Modellierung zu verwechseln.

Sowohl die Attribute, wie auch die dafür gewählten Werte, verfügen über eine unterschiedliche Qualität. Oft erlaubt die Kombination weniger Attribute schon eine sehr homogene Klassifizierung, die etliche Aussagen über einen Teilbestand zuläßt. Die Aussagekraft ist jedoch *nicht* unbedingt allgemeingültig; sie hängt vielmehr vom jeweiligen Untersuchungsaspekt ab. Eine Hierarchie der Attribute kann daher nur in Abhängigkeit von diesem erfolgen. So sind hinsichtlich der Untersuchung der Stoffströme Altersangaben notwendig, da diese die Konstruktion und die jeweils verwendeten Baustoffe einschränken; bei Untersuchungen über die Nutzungsintensität eines Gebäudes ist dagegen das Alter nicht wesentlich. Hier spielen die Nutzungsart, bzw. die Flächen eine wichtige Rolle. Mit der Nutzungsklassifizierung eines Gebäudes stehen Aussagen über die

räumliche Organisation, Größe und Anzahl der Räume, eine gewisse Nutzungsintensität, sowie davon abhängige Erneuerungsfrequenzen in Zusammenhang.
Dennoch lassen sich die Attribute „Alter" und „Nutzungsart" für viele Untersuchungen als **Schlüsselattribute** bezeichnen, da sie kombiniert für viele Untersuchungsaspekte sinnvolle Gebäudeteilbestände bilden, die ein ähnliches Verhalten aufweisen. Darum eigenen sich die Attribute „Alter" und „Nutzung" für viele Untersuchungen als erste Klasseneinteilung bei der Bestandsanalyse. Im nächsten Schritt müssen die Anteile der einzelnen Klassen am Bestand ermittelt werden; dann kann eine Modellierung mittels der Auswahl von Referenzgebäuden erfolgen.
Aus der Datenbank können alle Gebäude - unabhängig von ihrer Modellierungskategorie - als Referenzgebäude für die Modellierung eines Teilbestandes herangezogen werden, wenn die für den Teilbestand festgelegten Attribute übereinstimmen. Aus allen Referenzgebäuden können Kennwerte für einen Teilbestand ermittelt werden (s. Kap. 4.3.2.1 S. 101).

4.3.1.2 Abstrakte Teilbestände auf Ebene „Element"

Neben den bereits beschriebenen Teilbeständen auf Gebäudeebene können auch Teilbestände auf verschiedenen Elementebenen - sogenannte **Elementteilbestände** - gebildet werden.

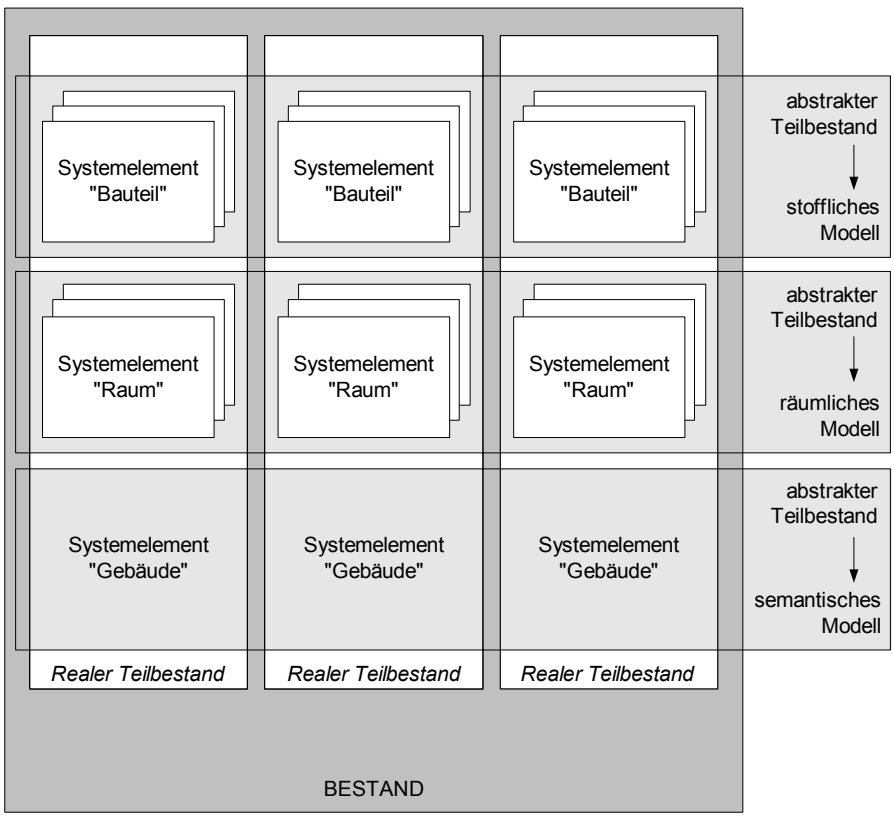


Abb. 4.16: Bildung von abstrakten Teilbeständen

Dies ist sowohl auf Ebene der Bauteile, wie auch der Räume möglich. Dabei verschiebt sich die Betrachtungsweise, bzw. die Systemanalyse auf der Ebene Bestand. Hierfür muß die eingangs dieses Kapitels vorgenommene Definition für die Modellierung, den Bestand als Menge von Gebäuden zu betrachten, auf eine abstraktere Ebene bezogen werden: Begibt man sich auf die Ebene der Systemelemente der Gebäude - Bauteil und Raum -, so kann der Bestand als Menge von Bauteilen bzw. Menge von Räumen betrachtet werden.
Diese vom Gebäude losgelöste Betrachtungsweise kann für einige Untersuchungszwecke vorteilhaft sein; die vorgegebene Struktur des Modularen Modellansatzes ermöglicht auch dieses Vorgehen.

Die Bildung der Elementteilbestände erfolgt auch hier über eindeutige Definition der Zugehörigkeit zu einem Teilbestand (z. B. Außenwand, Dach, tragende Innenwand). Sie kann auf jeder Detailebene erfolgen; so kann ein stofflicher Teilbestand auf Makroelementebene definiert werden oder auf Ebene der Leistungsposition. Gleiches gilt für die räumlichen Elemente; auch hier sind alle Differenzierungen der [DIN 277] zulässig.

4.3.2 Statische Bestandsmodellierung

Mittels der Statischen Bestandsmodellierung kann die stoffliche, die räumliche, die Nutzungs- sowie die Alterstruktur eines Gebäudebestandes abgebildet werden. Es gilt, diejenigen Referenzgebäude aus der Datenbank zu bestimmen, die stellvertretend für die jeweiligen Teilbestände eingesetzt werden können. Alle Informationen, die das jeweilige Teilsystem beschreiben, bilden die Grundlage für die Auswahl der Gebäude aus der Gebäudedatenbank und die Berechnung der Kennwerte.

4.3.2.1 Bildung von Kennwerten

Ein Kennwert ist eine Zahl, die stellvertretend für eine große Anzahl Werte in eine Berechnung eingesetzt wird und die Verteilung dieser Werte möglichst repräsentativ beschreibt. Kennwerte werden häufig in der Statistik verwendet. Bedient man sich dort der Verfahren, Aussagen mittels Kennwerten zu machen, so spricht man von **empirischer Statistik**, d. h., daß ein in der beobachteten Verteilung direkt vorkommender, oder auch ein neuer, ermittelter Wert, die Verteilung möglichst repräsentativ beschreibt. Der Kennwert ist stets ein Modell, er soll den unmittelbaren Vergleich von Verteilungen ermöglichen. Kennwerte können im einfachsten Fall durch das arithmetische Mittel berechnet werden.

Kennwerte im Bauwesen kennt man überwiegend aus dem Bereich der Baukostenberechnung sowie der Statik und Bauphysik. In der Baukostenberechnung werden Kennwerte für Leistungspositionen, Bauelemente oder ganze Gebäude ermittelt und eingesetzt. Der Kennwert wird ausgewiesen in DM pro Einheit für eine bestimmte Leistung, Qualität, Objekt, etc.. Die Einheit variiert entsprechend der oben genannten Beispiele, bei Leistungspositionen z. B. DM pro laufende Meter, m^2, m^3, Stück, kg, etc. Entscheidend für die Güte von Kennwerten ist unter anderem der Bezug zu der Leistung bzw. dem Objekt. Je genauer diese beschrieben sind, desto geringer ist meist die Streuung der dafür möglichen Kosten. So wird ein Kostenkennwert in einer hohen Aggregation, z. B. für die Herstellung eines Quadratmeters Nutzfläche eines nicht näher bezeichneten Gebäudes, zu keinem sehr zuverlässigen Ergebnis für ein einzelnes Gebäude führen. Wird aber das Objekt und seine Qualität detaillierter beschrieben, so ist ein wesentlich genauerer Kennwert zu ermitteln, da die Streuung nicht so groß ist (z. B. m^2 Nutzfläche eines Bürogebäudes mit 200 Büroeinheiten, mittlerer Standard). Mathematisch betrachtet schränkt man mit diesem Verfahren die Varianz ein. Je geringer die Varianz eines Kennwertes ist, desto besser ist dieser als Schätzwert geeignet. Diese Verfahren spiegelt sich auch in Gliederungsstufen der [DIN 276] und dem Verfahren für Kostenschätzung, Kostenberechnung und Kostenanschlag wieder. Kostenkennwerte werden oft in Abhängigkeit von der Region und der Qualität ermittelt, in vielen Fällen werden die Kennwerte als „Mindestwert", „Mittelwert" und „Maximalwert" angegeben, wobei dies nicht absolute Minimal- bzw. Maximalwerte sind, sondern die Schranken eines Bereichs gemäß einer Dichtefunktion beschreiben. Zur Auswertung der Kostenkennwerte muß das Jahr, in dem die Kosten ermittelt wurden, und der Index, der über die Kostenentwicklung Auskunft gibt, bekannt sein.

Neben den hier beschriebenen Kostenkennwerten lassen sich beliebige andere Kennwerte im Verhältnis zu einer beliebigen funktionalen Einheit herstellen. Dies ist eine wesentlich Grundlage für die Bestandsmodellierung, wo Kennwerte interessieren wie z. B.:

- Stoffffluß pro Gebäude
- Stoffffluß Teilerneuerung pro Gebäude
- Primärenergieaufwand pro Nutzungseinheit
- Wasserverbrauch pro Nutzer
- etc.

Ganz wesentlich für die Bestandsmodellierung werden funktionale Einheiten, die auf der Ebene Teilbestand mit den Daten der Referenzgebäu-

de verknüpft werden können. Je nach Wahl der funktionalen Einheit lassen sich durch die Bildung von Kennwerten auch Phänomene aus verschiedenen Systemen (Infrastruktur, Einwohnerstruktur, etc.) miteinander verknüpfen. So können Beziehungen zwischen Sachdaten aus anderen Bereichen hergestellt werden, die im Kontext mit einem Gebäudebestand untersucht werden sollen. (s. Kap. 6.1.2 S. 151), (s. Kap. 6.3 S. 186).

4.3.2.2 Auswahl der Referenzgebäude

Die Referenzgebäude aus der Datenbank werden aufgrund der Attribute, die bei der Bestandsanalyse für die Teilbestände festgelegt wurden, ausgewählt. Je nach Anzahl der Attribute, die einen Teilbestand charakterisieren, können *unterschiedliche* Referenzgebäude zur Bildung der Kennwerte herangezogen werden. Von einer Ebene können Ergebnisse auf die andere Ebene übertragen werden. Soll z. B. die stoffliche Zusammensetzung eines Teilbestandes ermittelt werden, so müssen die Repräsentanten, auf die die Attribute zutreffen, aus der Gebäudedatenbank ausgelesen werden. Anhand dieser Repräsentanten wird der Materialmix, der diesen Teilbestand repräsentiert, auf die festgelegte funktionale Einheit berechnet. Sollen weitere Kriterien ermittelt werden, beispielweise der durchschnittliche Bruttorauminhalt für einen Teilbestand, wenn bei der Bestandsanalyse nur die Bruttogeschoßfläche bekannt ist, so wird diese nicht allein aufgrund der Repräsentanten ermittelt, da hier sicherlich nur wenige mit den erforderlichen Attributen vorhanden sind. Hierzu können Gebäudefragmente herangezogen werden, die dann über eine größere vorhandene Anzahl an Referenzgebäuden auch zu statistisch signifikanteren Aussagen führen (s. Abb. 4.17: S. 104).

Auch der Bestand kann - wie die Gebäude - stofflich, räumlich oder semantisch modelliert werden. Die semantische Modellierung dient schon bei der Bestandsanalyse als Grundlage für die Bildung der Teilbestände. Je nach Untersuchungsschwerpunkt wird die Auswahl für die Art der Modellierung getroffen. Es können auch alle Modellkomponenten unterschiedlich detailliert eingesetzt werden. Je nach Schwerpunkt des Untersuchungszweckes und damit der Art der Modellierung, ergeben sich Konsequenzen für die Auswahl der Referenzgebäude.

Die Bildung von Teilbeständen zur Optimierung der Auswahl der Referenzgebäude entspricht dem Verfahren der **Klassenbildung** in der Statistik. Dort angewendete Verfahren für die Ermittlung der Homogenität und der Klassenbreite können ebenso für Teilbestände angewendet werden.

Teilbestand:

Attribut	Wert
Baujahr	1960
Nutzung	wohnen
Gebäudetyp	Einfamilienhaus

Ziel:
m³ BRI
Stoffstrom

funktionale Einheit aus Bestandsanalyse:
m² BGF

Auswahlabfrage aus Datenbank
Kriterien:

Auswahlattribut	Wert
Baujahr	1960
Nutzung	wohnen
Gebäudetyp	Einfamilienhaus
m³ BRI	vorhanden
m² BGF	vorhanden

Abfrageergebnis aus der Datenbank:

Referenzgebäude	Anzahl
Gebäudefragmente	362
Repräsentanten	5

Ermittlung m² BRI:
Kennzahl/Einheit aus Gebäudefragmenten

Ermittlung Stoffstrom:
Kennzahl/Einheit aus Repräsentanten

Abb. 4.17: Beispiel für die Auswahl von Referenzgebäuden zur Bildung von Kennzahlen

Für die Statische Modellierung, wie sie bislang beschrieben wurde, wird der Bestand in einem bestimmten Zustand zum Zeitpunkt t_0 dargestellt. Die Referenzgebäude, die ihn repräsentieren, besitzen zunächst alle den Zustand, den sie zum Zeitpunkt ihrer Baufertigstellung hatten. Da ein einfaches Ersatzmodell zugrunde liegt, bei dem Elemente jeweils durch gleiche Elemente ersetzt werden, ändern sich die Referenzgebäude hinsichtlich ihrer stofflichen Zusammensetzung und ihrer räumlichen Struktur praktisch nicht. Daher kann eine Sachbilanz über das Stofflager oder die räumlichen Ressourcen allein mittels des Statischen Modells erstellt werden. Sobald jedoch ein Zustand festgestellt werden soll, der den Grad der Alterung der Gebäude berücksichtigt, ist die Kenntnis der Altersstruktur und eine dynamische Modellierung auf Bestandsebene notwendig.

4.3.3 Dynamische Bestandsmodellierung

Die Dynamik von Gebäudebeständen ist im wesentlichen geprägt durch die Dynamik der Gebäude, wobei die Phasen „Neubau“ und „Abbruch“ eine besondere Bedeutung für das System Gebäudebestand haben, denn diese Phasen beeinflussen die Anzahl der im System enthaltenen Subsysteme und somit die Größe des Systems.
Im Gegensatz zu der dynamischen Modellierung auf Gebäudeebene, wo für die Modellierung des Basissystems nur der Fall der „masseerhaltenden“ Dynamik des Systems betrachtet wird (s. Kap. 4.2.2 S. 90), ist der Einfluß der Dynamik im System Gebäudebestand durch die Änderung der Menge - des Stofflagers - für viele Untersuchungen von ganz entscheidender Bedeutung. Betrachtet man den deutschen Gebäudebestand, so ist - bedingt durch die große Differenz zwischen der Neubaurate auf der einen und der Abrißrate auf der anderen Seite - ein stetiges Wachstum des „Stofflagers“, sowie der Instandhaltungs- und Betriebskosten zu verzeichnen.
Die Modellierung der beiden Prozesse „Neubau“ und „Abbruch“ geschieht über Addition bzw. Subtraktion von Elementen im System innerhalb einer bestimmten Zeit. Um die auf Gebäudeebene beschriebenen Alterungsprozesse auf einen Bestand zu übertragen, werden in den folgenden Abschnitten einige grundsätzliche Wege aufgezeigt.

4.3.3.1 Alterung von realen Teilbeständen

Die Alterung eines Bestandes wird auf der Ebene Teilbestand dargestellt. Die Einteilung der Teilbestände ist demnach auch für die Dynamik relevant. Bereits in der Einleitung wurde auf prinzipielle Unterschiede des dynamischen Verhaltens von Wohn- und Nichtwohngebäuden hingewiesen. Betrachtet man die Nichtwohngebäude je nach Nutzung detaillierter, so lassen sich weitere Unterschiede in der Dynamik beobachten; z. B. hat ein einfaches Lagergebäude aufgrund seiner Nutzung und der Konstruktionsweise eine andere Erneuerungsfrequenz als ein Kaufhaus. Während bei dem Lagergebäude unter Umständen eher der Abriß droht, bevor eine umfangreiche Erneuerungsmaßnahme stattfindet, wird ein Kaufhaus aufgrund der jeweiligen „Modeerscheinungen“ wesentlich kürzere Erneuerungsfrequenzen und damit einen höheren Stoffumsatz verursachen. Auch die Altersstruktur kann einen erheblichen Einfluß auf die Erneuerungsfrequenz haben. Dies hängt von der Dauerhaftigkeit und Flexibilität der Konstruktionen und der Vielfältigkeit der verwendeten Materialien ab.
Neben der Differenzierung der **Anzahl** und der **Frequenz** von Maßnahmen muß auf der Ebene der Teilbestände noch eine Differenzierung des

Zeitpunkts der Maßnahmen je Gebäude erfolgen. Es kann nicht davon ausgegangen werden, daß für alle Gebäude innerhalb eines Teilbestands exakt zum gleichen Zeitpunkt eine Erneuerungsmaßnahme ausgeführt wird; dies wird vielmehr mit einer gewissen **Streuung** innerhalb eines Teilbestandes stattfinden.

Die Repräsentanten, die in der Datenbank für die Bestandsmodellierung vorgehalten werden, sind alle im Neubauzustand mit dem dazugehörigen Baujahr erfaßt. Hierdurch sind sie flexibler nutzbar, als wenn sie zu einem beliebigen Zeitpunkt in ihrem gealterten Zustand modelliert würden. Die Analyse eines Bestandes findet in einem festgelegten Jahr statt, daher müssen die Gebäude zunächst in den Zustand versetzt werden, den sie in diesem Jahr hinsichtlich der Erneuerungstätigkeit haben. Dies erfolgt im Modell durch eine **„künstliche Alterung"**, d. h. das Gebäude durchläuft die seit seinem Baujahr bereits erfolgten Maßnahmen bis zu dem festgelegten Referenzjahr. Diese Feststellung des Zustands ist unerläßlich, wenn Abschätzungen über künftig erforderliche Maßnahmen und damit verbundenen Stoffflüssen berechnet werden sollen. Hat man den Zustand der Gebäude im Bestand festgestellt, ist auch der Zeitraum bis zu den nächsten Maßnahmen bekannt, der für die **Prognose** erforderlich ist. Bei diesem Vorgehen wird deutlich, daß es zwingend notwendig ist, die Altersstruktur des Bestandes bei der Analyse zu ermitteln.

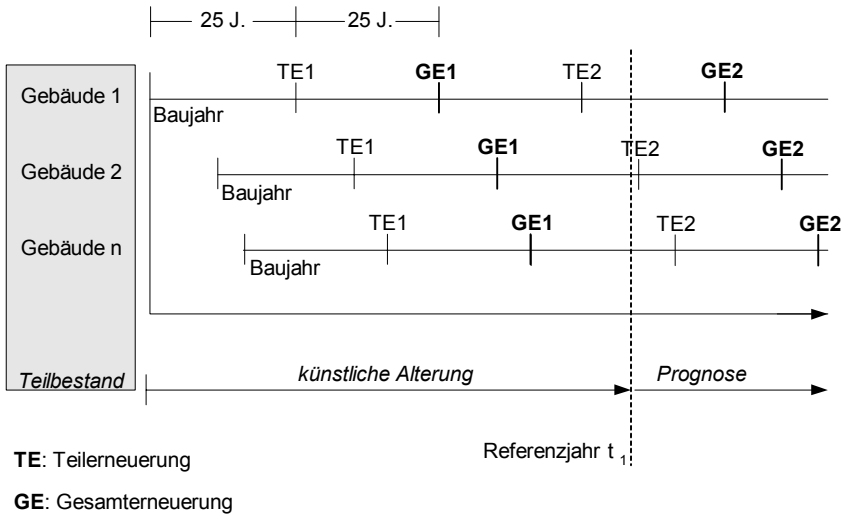


Abb. 4.18: Künstliche Alterung eines Teilbestandes

Auf Gebäudeebene wurden für die periodische Erneuerung Maßnahmenpakete ermittelt, deren Intervall bei 25 Jahren festgelegt war. Da die Modellierung ausschließlich aufgrund von Elementlebensdauern erfolgt, wird auf dieser Ebene nicht zwischen unterschiedlichen Dynamiken verschiedenartiger Gebäude differenziert. Die Bildung der Maßnahmenpa-

kete und die Festlegung ihrer Frequenz geschieht vielmehr neutral, d. h. unabhängig von speziellen nutzungsbedingten oder sonstigen Einflüssen. Dieser Standardsystemfall muß nun auf der Ebene Gebäudebestand modifiziert werden, da davon auszugehen ist, daß das Alterungsverhalten je nach Teilbestand oder Gebäudenutzungsklasse sehr unterschiedlich ist.
Für die Modellierung der Dynamik auf Gebäudebestandsebene wird primär von einer Klasseneinteilung in Alters- und Nutzungsklassen ausgegangen. Im nächsten Schritt muß für jede im zu untersuchenden Bestand vorhandene Alters- Nutzungsklasse das Intervall der periodischen Erneuerung festgelegt werden. Dies bezieht sich jedoch *nicht* auf die Bildung der Stoffpakete auf Gebäudeebene - diese bleiben erhalten. Der in der Realität stattfindende geringere bzw. höhere Stoffffluß wird vielmehr über die Frequenz und die Reihenfolge der Erneuerungspakete abgebildet. So kann für Gebäudenutzungsklassen, für die z. B. ein erhöhter Wechsel des Innenausbaus simuliert werden soll, mit zwei aufeinanderfolgenden Teilerneuerungspaketen gerechnet werden (z. B. bei Kaufhäusern, Hotels, einigen Bürogebäuden, etc.), wohingegen bei Gebäudenutzungsklassen mit geringem Ausbaustandard, wie beispielsweise Lagergebäuden, ganz auf das Teilerneuerungspaket verzichtet werden kann. Die Alterung eines Teilbestandes kann dann wie folgt aussehen:

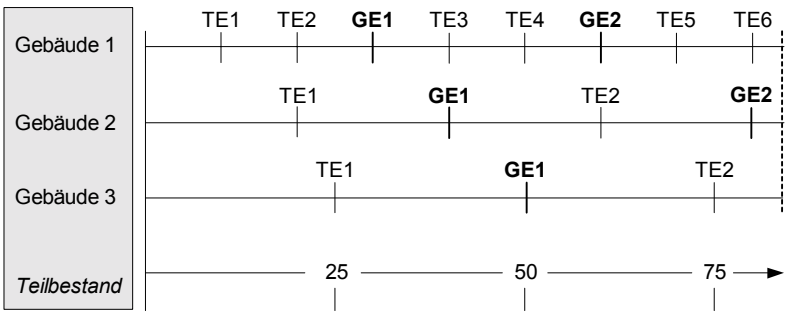


Abb. 4.19: Modifizierte Alterungsfrequenzen der Gebäude innerhalb eines Teilbestandes

Diese vereinfachte Betrachtung muß nun für die dynamische Modellierung auf Bestandsebene weiter differenziert werden. Betrachtet man die Alterung eines *Gebäudes*, so findet eine Maßnahme im Modell bei gleichbleibender Frequenz immer zu einem Zeitpunkt statt. Für die Modellierung der Alterung eines *Teilbestandes* ist dieser Ansatz jedoch unrealistisch. Wird einTeilbestand von einhundert Wohngebäuden betrachtet, die alle das gleiche Baujahr besitzen, so kann man bei den Erneuerungsmaßnahmen davon ausgehen, daß diese nicht alle im selben Jahr, sondern im Laufe eines gewissen Zeitraumes stattfinden, d. h., es ist von einer zeitlichen Streuung der Maßnahmen auszugehen. Diese Streuung kann mittels einer Gauß'schen Normalverteilung modelliert werden.

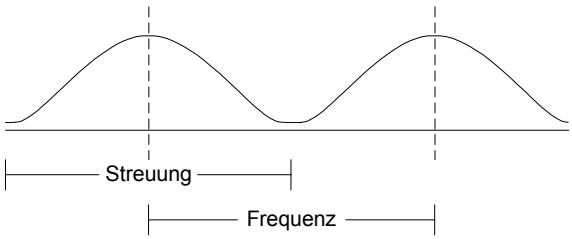


Abb. 4.20: Streuung und Frequenz einer Normalverteilung

Die Alterung der Teilbestände sieht im Vergleich zu der Alterung der Einzelgebäude folgendermaßen aus:

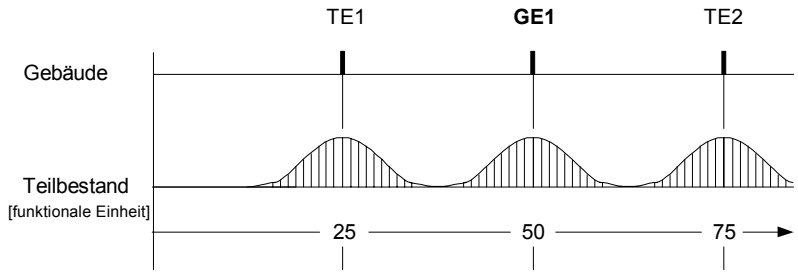
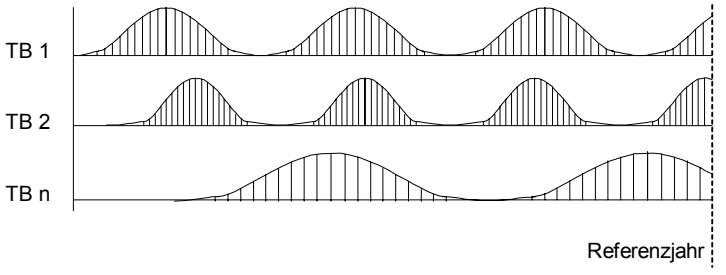


Abb. 4.21: Alterung von einem Gebäude und einem Teilbestand

Je nach angenommener Homogenität der Teilbestände wird für die Verteilungskurve die Frequenz und die Streuung für die einzelnen Teilbestände festgelegt. Rechnerisch wird für dieses Verfahren eine funktionale Einheit bestimmt und dann für den Zeitpunkt t_1 ermittelt, wieviele Einheiten sich in welchem Zustand befinden (Teilerneuerung, Gesamterneuerung).



$$\Sigma_{[\text{funktionale Einheit}]}\text{TB 1} \times \frac{\text{Stoffstrom TB 1}}{[\text{funktionale Einheit}]}$$

$$\Sigma_{[\text{funktionale Einheit}]}\text{TB 2} \times \frac{\text{Stoffstrom TB 2}}{[\text{funktionale Einheit}]}$$

$$+ \Sigma_{[\text{funktionale Einheit}]}\text{TB n} \times \frac{\text{Stoffstrom TB n}}{[\text{funktionale Einheit}]}$$

$$= \Sigma_{\text{Stoffstrom im Referenzjahr}}$$

Abb. 4.22: Beispiel für die Ermittlung des Stoffflusses in einem Referenzjahr

Alle in Maßnahmen befindlichen funktionalen Einheiten (z. B. m^2 BRI) werden entsprechend mit den jeweiligen Stoffinhalten der Maßnahmepakete pro funktionaler Einheit multipliziert, um den durch die Maßnahmen hervorgerufenen Stoffffluß innerhalb eines Bestandes zu einem festgelegten Zeitpunkt zu ermitteln. Ein solcher Alterungsalgorithmus wurde in vereinfachter Form auch für die Bestandsmodellierung im Rahmen der Enquete-Studie [ENQ 99] sowie bei [IWU 90] umgesetzt.

4.3.3.2 Alterung von abstrakten Teilbeständen

Die Modellierung der Alterung von Teilbeständen auf den Elementebenen „Bauteil" und „Raum" erfolgen prinzipiell nach dem gleichen Schema, wobei die Alterung des Elements Raum teilweise durch die funktionale Einheit schon bei der bereits beschriebenen künstlichen Alterung erfolgt.

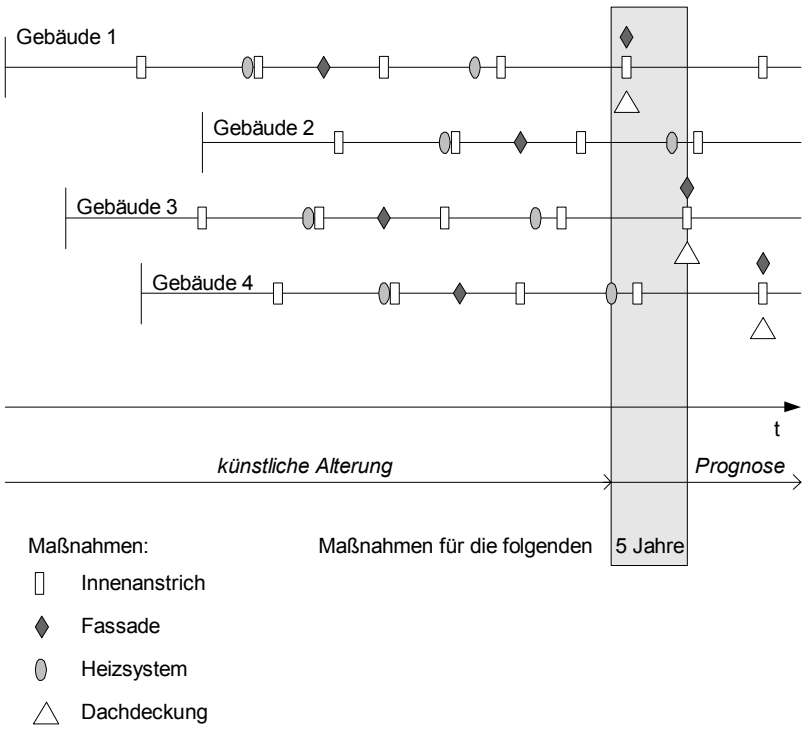


Abb. 4.23: Beispiel für elementbezogene Maßnahmen basierend auf dem Gebäudealter

Soll ein Teilbestand auf der Basis der Bauteile gealtert werden, so entfällt die Bildung von Erneuerungspaketen. Die Modifizierung findet direkt für die angenommenen durchschnittlichen Lebensdauern, bzw. einer minimalen oder maximalen Lebensdauer, statt. Der Startpunkt des Alterungsalgorithmus' kann sich dabei auf das Baujahr des zu dem Element gehörenden Gebäudes beziehen oder auf den letzten Ersatzzeitpunkt des Elements; wenn diese Angabe vorhanden ist, ist das Baujahr des dazuge-

hörigen Gebäudes nicht mehr erforderlich. Die Betrachtung auf der Ebene der Bauteile ist vor allem für bekannte Bestände sinnvoll, z. B. zur Planung der anfallenden Investitionen für Instandsetzungsmaßnahmen.

Weiterhin ist eine Einschätzung des Bestandes nach Zustandscodes aufgrund einer Diagnose möglich. Dieser Code wird dann mit einen Zeitraum verknüpft, der den Zeitpunkt der nächsten Maßnahme bestimmt (Restlebensdauer des Elements). Die Alterung im Bestand auf Elementebene kann für detaillierte Prognosen von künftigen Maßnahmen herangezogen werden, wenn der Bestand hinsichtlich der letzten Maßnahmen für die jeweiligen Elemente analysiert wird.

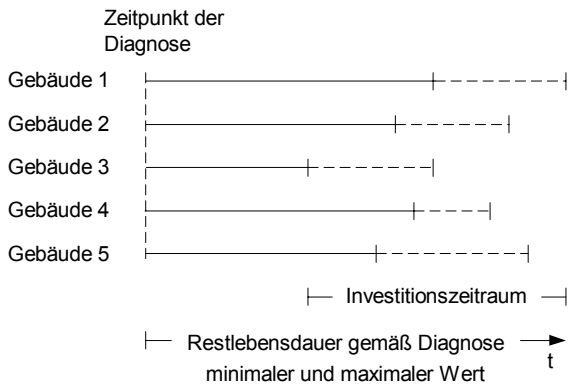


Abb. 4.24: Bestimmung des Investitionszeitraums für Gebäude oder Maßnahmen aufgrund der Restlebensdauer bestimmt durch Zustandscodes

4.3.3.3 Szenarien

Bei der dynamischen Modellierung wird im Rahmen dieser Arbeit nur der Gebäudebestand und seine internen Parameter in einer standardisierten Form berücksichtigt. Diese lassen sich dann in Abhängigkeit von den zusätzlich zu modellierenden externen Parametern variieren, wenn bestimmte Zukunftsszenarien berechnet werden sollen. Neben den Erneuerungsfrequenzen bei der Berechnung der Prognosen können die Erneuerungspakete auch inhaltlich verändert werden, um damit andere Maßnahmen zu simulieren. Auf diese Weise können unterschiedliche Strategien hinsichtlich ihrer Auswirkungen langfristig beobachtet werden.

Szenarien können auf allem Modellebenen berechnet werden. Somit lassen sich immer räumliche Veränderungen in Abhängigkeit mit den dazugehörigen Stoffströmen betrachten. Die Dynamik des Bestandes, im Hinblick auf die Veränderung der Anzahl der im System enthaltenen Elemente (durch Neubau oder Abbruch), kann ebenfalls mit Hilfe des dynamischen Algorithmus' in einem Szenario simuliert werden.

5 Datenquellen und Datenbank

Bei Forschungsprojekten, die sich bislang mit der Untersuchung von Gebäudebeständen befaßten, wurde immer wieder festgestellt, daß vorhandenes Datenmaterial meist sehr heterogen, lückenhaft und für komplexere Fragestellungen vor allem über größere Bestände gar nicht verfügbar ist. Datenerhebung ist zeitaufwendig, und Datenquellen sind oft schwer zugänglich. Mit Hilfe des Modells und einer dazugehörigen Datenbank werden Grundlagen geschaffen, um Daten verfügbar und allgemein nutzbar zu machen.
Neben der Modellqualität spielt auch die Datenqualität bei der Modellierung für die Aussagekraft der Ergebnisse eine wesentliche Rolle. Die generell schlechten Datengrundlagen über Gebäudebestände sind mit ein Grund, auf Analysen und Modellierungen zurückzugreifen, wie sie in dieser Arbeit beschrieben werden. Mit Hilfe einer Datenbank, die es ermöglicht, Grundlagendaten zu sammeln und zu verwalten, lassen sich durch die beschriebene Methodik die Informationen über Baubestände auf unterschiedlichsten Ebenen und für viele Informationsbereiche des Gebäudebestandes im Laufe der Zeit kontinuierlich ergänzen und damit immer weiter verbessern.

In den folgenden Abschnitten werden Datenquellen, die allgemein zur Verfügung stehen, hinsichtlich ihres Inhalts und ihrer Nutzungsmöglichkeit untersucht. Dabei werden nur die Datenquellen, die Angaben über Gebäude enthalten, berücksichtigt. Datenquellen über Kosten, Baustoffe, Ökobilanzen, etc. wie sie für weitere Informationen bei der Modellierung erforderlich sind, werden hier nicht analysiert. Für die Datenquellen wird nur allgemein der mögliche Inhalt beschrieben. Vor allem bei den umfangreicheren Datenquellen sind Inhalt und Erfassung oft nicht homogen. Dies trifft auch auf den Umfang und die Struktur älterer Datenquellen des gleichen Typs zu, was bedeutet, daß die Datenquellen im Einzelfall immer noch auf ihren tatsächlichen Nutzen hin zu analysieren sind. Im Anschluß an die Datenanalyse wird der Aufbau einer Datenbank erläutert und auch verschiedene Möglichkeiten der Übernahme von Datenbeständen, sowie die dabei entstehenden Probleme. Darüberhinaus werden die Vorteile, die der Einsatz von Geoinformationssystemen für die Datenerhebung, -verwaltung und die Datenauswertung bietet, diskutiert.

5.1 Datenquellen

In den folgenden Abschnitten werden Datenquellen inhaltlich beschrieben und hinsichtlich ihrer Nutzungsmöglichkeit für Untersuchungen zu Gebäuden und Gebäudebeständen analysiert. Es werden nur die Datenquellen analysiert, die überwiegend in der ganzen Bundesrepublik vorhanden und auch zugänglich sind und die sich bisher in verschiedenen Forschungsprojekten bei der Analyse von Gebäuden und Gebäudebeständen als sinnvoll erwiesen haben. Die Datenquellen werden zunächst hinsichtlich ihrer Inhalte beschrieben, dann werden mögliche Nutzungen aufgezeigt und in Bezug auf Umfang, Aussagekraft und Aufwand für die Erhebung analysiert.

5.1.1 Amtliche Statistik

Bei den statistischen Ämtern werden die relevanten Daten in dem Bereich „Bautätigkeit und Wohnungen" erfaßt. Auf Bundesebene sind die Daten in folgende Bereiche gegliedert:

- Baugenehmigungen
- Baufertigstellungen
- Bauüberhang
- Bewilligungen im sozialen Wohnungsbau
- Bestand an Wohngebäuden und Wohnungen
- Gebäudeabgänge

In der Bautätigkeitsstatistik werden Baugenehmigungen und Baufertigstellungen in unterschiedlichen Kategorien geführt, nach Gebäudeart und Bauherren, nach Art der Konstruktion und nach Art der Beheizung. Weiterhin gibt es eine Unterteilung nach städtebaulichen Festsetzungen (Nutzungsmöglichkeit nach Bebauungsplan). Im Wohnungsbau wird weiterhin nach Gebäudeart und Haustyp unterschieden. Diese Daten sind meist in Zeitreihen jährlich zu erhalten. Erhoben werden sie seit 1952, wobei die alten Statistiken noch nicht detailliert zwischen den Gebäudearten unterscheiden. Vor allem Nichtwohngebäude wurden im Laufe der Zeit wesentlich differenzierter erfaßt.
Die Aussage für detaillierte Untersuchungen ist relativ gering. Hier wird nur die Bautätigkeit dokumentiert - Rückschlüsse auf einen Bestand sind kaum möglich. Es gibt keine Möglichkeit, zwischen Ersatz- und Zusatzneubau zu unterscheiden - auch die Differenz der Gebäude Zu- und Abgänge ist durch die nicht kontinuierlichen und meist auch nicht vollstän-

digen Daten in der Abgangsstatistik nur sehr eingeschränkt feststellbar. Rückschlüsse auf den vorhandenen Bestand einer Gemeinde oder eines Bundeslandes sind aus folgenden Gründen nicht möglich:

- die Statistik in der derzeitigen Form existiert erst seit 1952
- es gibt kaum Angaben über noch vorhandenen Bestand aus den vorigen Jahrhunderten
- ältere Statistiken sind zum Teil anders gegliedert bzw. weniger detailliert
- Statistiken über Gebäudeabgänge sind nur in geringem Umfang vorhanden und meist bezogen auf den mutmaßlichen Zeitraum, in dem das Gebäude ursprünglich errichtet wurde, d. h., es läßt sich nicht das exakte Baujahr der abgebrochenen Gebäude bestimmen

Maßnahmen an bestehenden Gebäuden werden bisweilen auch in der Bautätigkeitsstatistik erfaßt. Hierbei handelt es sich jedoch nur um genehmigungspflichtige Maßnahmen; reine Instandhaltungsmaßnahmen werden statistisch nicht erfaßt.

Eine Bestandsstatistik wird lediglich über Wohngebäude geführt. Diese ergibt sich durch eine Fortschreibung mittels der Bautätigkeitsstatistik auf Basis der „Gebäude- und Wohnungszählung" vom 25.5.1987. Für die Neuen Länder und Berlin-Ost basiert sie auf der „Wohnraum- und Gebäudezählung" vom 31.12.1981. Hierbei werden zwar Anzahl der Wohnungen in den Gebäuden und auf Länderebene verschiedene Ausstattungsstandards berücksichtigt, es werden jedoch keine Angaben zu der gebäudebezogenen Altersstruktur des Baubestandes gemacht.
Nachfragen beim Statistischen Landesamt Baden-Württemberg, inwieweit noch Daten über den Bestand der Gebäude existieren, die vor 1945 gebaut wurden, ergaben, daß nur noch sehr wenige Informationen vorhanden sind, die keine zuverlässige Grundlage für die Ermittlung des Gesamtbestands in Baden-Württemberg bilden. Ähnlich dürfte dies in den anderen Bundesländern aussehen. Über den Vorkriegsbestand existieren jeweils nur unvollständige Daten.

Weitere Statistiken, die im Rahmen der Bauwirtschaft erhoben werden (z. B. Bauvolumen), wurden nicht genauer untersucht. Generell besteht hier jedoch das Problem, daß diese meist die gesamte Bauwirtschaft (Hoch- und Tiefbau) umfassen und keine separate Betrachtung zulassen, oder es werden bei der Erhebung über Betriebe, die in der Bauwirtschaft tätig sind, die kleinen Betriebe (unter 20 Beschäftigte), die vor allem in den Ausbaugewerken häufig vorkommen, nicht miterfaßt.

5.1.2 Liegenschaftskataster

Das Liegenschaftskataster liegt für jede Stadt bzw. Gemeinde vor. Die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Bundesrepublik Deutschland (AdV) definiert das Liegenschaftskataster (LK) als ein *„(...) von Katasterbehörden geführtes öffentliches Register, in dem die Liegenschaften eines Landes (Flurstücke und Gebäude) dargestellt und beschrieben sind"*.
Es ist das **amtliche Verzeichnis der Grundstücke** für den Eigentumsnachweis im Grundbuch. Die Lage des Grundeigentums wird in Form von Flurstücken auf der Liegenschaftskarte dargestellt und im Liegenschaftsbuch beschrieben. Bei Bedarf können die Grenzen der Flurstücke örtlich mit rechtlicher Wirkung aufgezeigt werden. Weiterhin soll es den Anforderungen des Rechtsverkehrs, der Verwaltung und der Wirtschaft gerecht werden und insbesondere die Bedürfnisse der Landesplanung, der Bauleitplanung, der Bodenordnung, der Ermittlung von Grundstückswerten, sowie des Umwelt- und des Naturschutzes angemessen berücksichtigen. Landesinformationssysteme identifizieren die Grundstücke ebenfalls über das Liegenschaftskataster. Das Liegenschaftskataster besteht aus

- dem Liegenschaftsbuch, dem beschreibenden textlichen Teil
- der Liegenschaftskarte, dem darstellenden graphischen Teil

Die beiden Bestandteile sind zunehmend in digitaler Form verfügbar.

5.1.2.1 Automatisiertes Liegenschaftsbuch - ALB

Seit 1973 wurde von der AdV die Entwicklung eines rechnergestützten Liegenschaftsbuches als erster Schritt zu einem automatisierten Liegenschaftskataster vorangetrieben. Dieses System wurde ab 1983 eingeführt und liegt heute bundesweit nahezu flächendeckend vor. Auch die neuen Bundesländer haben ihre bereits in elektronischer Form vorliegenden Liegenschaftsdaten in das ALB-Format konvertiert. ALB und ALK bieten auf der Katasterebene eine hervorragende Grundstruktur, die es weiterhin ermöglicht, Daten über Gebäudebestände in stadträumliche oder regionale Einheiten zu überführen.
Die Grundstruktur wird durch die Aufteilung der Bodenfläche hergestellt. Die Bodenfläche des Landes ist politisch in Landkreise, kreisfreie Städte, sowie Gemeinden und katastermäßig in Gemarkungen, Fluren, sowie in Flurstücke geteilt. Die Gemarkung als übergeordnete Einheit ist eine katastertechnische Gebietseinheit, die eine zusammenhängende Gruppe von Flurstücken umfaßt. Große Gemarkungen werden zur Numerierung der Flurstücke in Fluren unterteilt.

Das Gemarkungskennzeichen identifiziert die Gemarkung bundesweit eindeutig über

- den Schlüssel für das Bundesland und
- den Schlüssel für die Gemarkung (Ort)

Zur Gemarkung werden folgende Informationen geführt:

- der Gemarkungsname
- die Gemarkungsfläche
- die Anzahl der Flurstücke
- die Zugehörigkeit zu Katasterbezirk, Amtsgericht und Gemeinde

Die nächstkleinere Einheit wird als Flur bezeichnet und umfaßt eine Gruppe von Flurstücken, die in einem topographischen Zusammenhang stehen. Flurstücke (auch Parzellen genannt) sind die kleinste im Liegenschaftskataster aufgeführte Einheit.
Das Flurstückskennzeichen identifiziert ein Flurstück bundesweit eindeutig über:

- den Schlüssel für das Land
- den Schlüssel für die Gemarkung
- die Flurnummer
- die Flurstücksnummer

Zum Flurstück werden im allgemeinen die folgenden Informationen geführt:

- die Flurstücksfläche
- die Nutzung
- die Lagebezeichnung (z. B. Straße, Hausnummer)
- die Flurstückskoordinate (nur in Gebieten, in denen auch die ALK vorliegt)
- Hinweise auf die zugehörige Flurkarte und Vermessungsschrift
- öffentlich-rechtliche Festlegungen (z. B. Bodenschätzungsergebnisse Naturschutzgebiete
- Hinweise auf Baulasten
- Hinweise auf öffentlich-rechtliche Verfahren (z. B. Hinweise auf Bodenordnungsverfahren)
- das zuständige Finanzamt
- die Entstehung, letzte Fortführung und Fortführungen des laufenden Jahres
- das Vorgänger-/Nachfolgerflurstück

- der Status (im Grundbuch gebucht, noch nicht im Grundbuch gebucht, historisch)

Da das ALB meistens noch mit dem Grundbuch verknüpft ist, werden auch Informationen über Eigentümer (Name, Adresse) und die sogenannte Buchungsart geführt. Dies wird hier nicht näher erläutert, da die Eigentümerinformationen dem Datenschutz unterliegen und für die Datenerhebung und Auswertung nicht relevant sind.

Neben den Daten über die Flurstücke werden zunehmend auch die auf den Grundstücken befindlichen Gebäude erfaßt. In Baden-Württemberg erfolgt die Bezeichnung der Gebäude gemäß der „Verwaltungsvorschrift für die Führung des Liegenschaftsbuches mit automatischer Datenverarbeitung" [VFL]. Darüberhinaus sind meist die sich nach den Besitzverhältnissen ergebenden Flurstücke zusammengefaßt, die die für die Bebauung maßgebliche Grundstücksflächen gemäß BauNVO bilden.
Das ALB bietet auf Gemeindeebene die umfangreichste Grundlage, was die Beschreibung des gesamten Gebäudebestandes anbelangt. Hier sind zunächst alle Gebäude verzeichnet, die Aktualität ist für den jeweiligen Fall zu überprüfen. Auch wenn der im ALB dokumentierte Stand nicht exakt mit der tatsächlichen Bebauung übereinstimmt, ist es immer noch die einzige Quelle, die es auf Städte- und Gemeindeebene ermöglicht, einen „Gesamtbestand" festzustellen. Dies ist vor allem bei Ermittlung der statistischen Signifikanz weiterer Datenanalysen erforderlich. Da das ALB digital vorhanden ist, lassen sich die Daten auch gut auswerten.

5.1.2.2 Automatisierte Liegenschaftskarte - ALK

Seit 1979 wird die Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK) von der AdV als *„(...) herstellerneutrales Programmsystem zur Führung des Zahlen- und Kartennachweises des Liegenschaftskatasters entwickelt und in der ALK-Verfahrensdokumentation beschrieben"* [SAU 97, S.184].
Die ALK dient als Grundlage für „parzellenscharfe" Planungen und Bestandsnachweise in Wirtschaft und Verwaltung. Die Attribute „Flurstücksnummer", „Flurnummer" und „Gemarkung" als Flurstückskennzeichen, stellen den Bezug zum Liegenschaftsbuch her. In der ALK werden die sogenannten **Objekte** der Liegenschaftskarte geführt (z. B. Flurstükke, Gebäude, Gewässer, etc.). Ein Objekt wird dabei aus verschiedenen geometrischen Einzeldaten gebildet, die zu einer inhaltlichen Grundeinheit zusammengeführt werden. Jede Grundrißinformation der Liegenschaftskarte kann Bestandteil eines Objektes werden. Die Objekte werden inhaltlich klassifiziert und entsprechend definierten Ebenen (Layern, Folien) zugeordnet. Sie sind grundsätzlich mit Geometrie und Fachbedeu-

tung dokumentiert. Die Einteilung der Objektbereiche, -klassen und -arten erfolgt nach der Verwaltungsvorschrift der AdV, dem Objektschlüsselkatalog (OSKA), oder dem im Amtlichen Topographischen-Kartographischen Informationssystem (ATKIS) beschriebenen Objektartenkatalog (ATKIS-OK). Diese sind als zentrale Verschlüsselungskataloge verbindlich. Die im neueren Katalog ATKIS-OK aufgeführten Verschlüsselungen berücksichtigen die im Nutzungsartenverzeichnis der AdV definierten flächenbezogenen Nutzungsarten, das Verzeichnis der Gebäudenutzungen im Liegenschaftskataster, sowie die Darstellungsinhalte der Liegenschaftskarte.
Die Verschlüsselungssystematik enthält Freiräume für länderspezifische Anwendungen. Nicht alle Ebenen- und Objektschlüsselkombinationen werden in den länderspezifischen Katalogen übernommen.

Die Flurstücksnummer als Attribut dient in vielen Anwendungsfällen als Fremdschlüssel zu Sachdatenbeständen, jedoch verfügen nur Objekte der Objektart „Flurstück" über dieses Attribut; Gebäude sind zwar als Objekte definiert, aber nicht eindeutig über eine Schlüsselnummer identifizierbar. Dies ist bei der Auswertung des Gebäudebestandes eine wesentliche Einschränkung. Mit Hilfe der ALK lassen sich unter anderem flächenbezogene Auswertungen hinsichtlich der „tatsächlichen Bodennutzung" erstellen. Die Klassifizierung der Flächen innerhalb der ALK erfolgt gemäß der „Verwaltungsvorschrift für die Führung des Liegenschaftsbuches mit automatischer Datenverarbeitung" [VFL]. Des weiteren ermöglicht die ALK die Ermittlung der durch Gebäude überbauten Flächen.

5.1.3 Flächennutzungsplan

Im Flächennutzungplan (FNP) wird nach den prognostizierten Bedürfnissen einer Stadt oder Gemeinde die entsprechende Art der Bodennutzung für das gesamte Gebiet rechtsverbindlich festgelegt und dargestellt [§5 BauGB/ BauROG]. In der Baunutzungsverordnung [BauNVO] und der Planzeichenverordnung gibt es für die Ausweisung von Flächen im Flächennutzungsplan folgende Festsetzungsmöglichkeiten:

- Bauflächen, und zwar
  Wohnbauflächen
  Gemischte Bauflächen
  Gewerbliche Bauflächen
  Sonderbauflächen
- Gemeinbedarfsflächen
- Verkehrsflächen

- Grünflächen
- Wasserflächen
- Flächen für Ver- und Entsorgung
- Land- und Forstwirtschaftliche Flächen
- Flächen, die mit Rechten bzw. Lasten belegt sind

Der Flächennutzungsplan eignet sich für flächenbezogene Kennwerte, die aus anderen Quellen gewonnen werden, beispielsweise verschiedener Siedlungstypen in einem *regionalen* Zusammenhang. Über die Dichte und Art der Bebauung lassen sich im FNP selbst keinerlei Angaben entnehmen.

5.1.4 Bebauungsplan

Der Bebauungsplan (B-Plan) enthält als verbindlicher Bauleitplan die rechtsverbindlichen Festsetzungen für die städtebauliche Ordnung und gilt jeweils für einen räumlich abgegrenzten Teilbereich der Stadt oder Gemeinde. Er wird auf der Basis des FNP erstellt. Hier werden parzellenscharf die zulässigen Nutzungen der Bebauung festgelegt. Dabei wird gemäß [BauNVO]] unterschieden zwischen

- Kleinsiedlungsgebiet, (WS)
- reines Wohngebiet, (WR)
- allgemeines Wohngebiet, (WA)
- besonderes Wohngebiet, (WB)
- Dorfgebiet, (MD)
- Mischgebiet, (MI)
- Kerngebiet, (MK)
- Gewerbegebiet, (GE)
- Industriegebiet, (GI)
- Sondergebiet, (SO)

Den einzelnen Gebieten ist ein „Maß der Baulichen Nutzung“ zugeordnet, das mittels Grundflächenzahl (GRZ), Geschoßflächenzahl (GFZ) und Baumassenzahl (BMZ) Rückschlüsse auf die Bebauungsdichte erlaubt. Darüberhinaus kann die Tiefe und Breite der möglichen überbaubaren Grundstücksfläche angegeben sein, die Aufschluß über die Grundfläche der Gebäude gibt. Weiterhin können im Bebauungsplan Festsetzungen zur Bauweise (offen, geschlossen), Anzahl der Vollgeschosse oder absolute Höhe der baulichen Anlage, sowie Dachform und Ausrichtung der Gebäude festgesetzt werden. In Einzelfällen liegt auch eine Gestaltungssatzung vor, die Materialien und Farben vorschreibt. Je nach Detaillie-

rungsgrad des B-Plans kann die mögliche Anzahl der Wohnungen innerhalb eines Wohngebäudes angegeben sein, sowie die genauere Nutzung der Bebauung der Sondergebietsflächen. Die hier aufgezählten Festsetzungen sind nicht komplett, sondern betreffen nur die für die Gebäude und der damit zusammenhängenden Datenerhebung relevanten Angaben.
Über Angaben in qualifizierten Bebauungsplänen können auf städtebaulicher Ebene bestimmte Strukturtypen identifiziert und mit Kennzahlen aus detaillierteren Untersuchungen versehen werden. Beispiele über die Bildung städtebaulicher Strukturtypen werden in [NAWO 01] beschrieben.

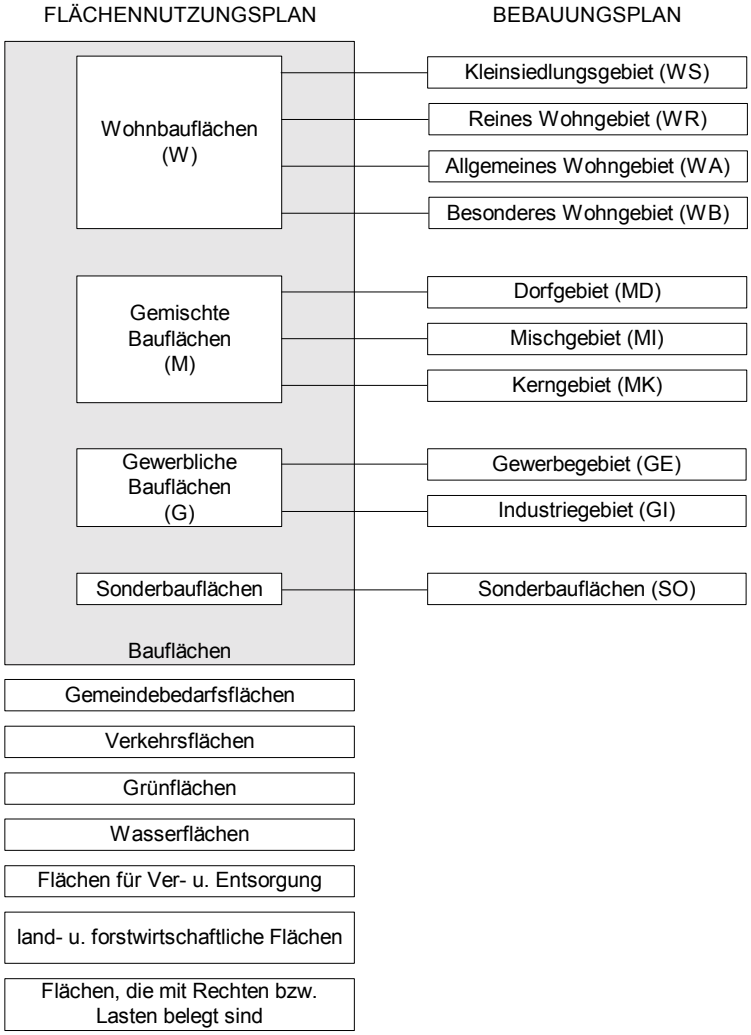


Abb. 5.1: Zusammenhang der Flächennutzung zwischen B-Plan und FNP

5.1.5 Akten der Feuerversicherung

Die Länderkammern der Feuerversicherungen hatten bis 1994 eine Monopolstellung, d. h., jedes Gebäude war bei den jeweiligen Landesversi-

cherungsanstalten erfaßt. Daher verfügen die Feuerversicherungen über den umfangreichsten homogenen Aktenbestand über Gebäude. Aufgrund der Liberalisierung des Versicherungsmarktes, können mittlerweile aber auch andere Versicherer Brandschadensversicherungen anbieten, so daß nicht mehr der gesamte Gebäudebestand bei den Landesversicherungsanstalten geführt wird. Diese verfügen aber nach wie vor über den umfassendsten Datenbestand, der weit detailliertere Informationen über Gebäude beinhaltet, als die bisher aufgeführten Datenquellen. So kann z. B. neben den eigentlichen Bauakten (s. Kap. 5.1.6 S. 120) nur in den Akten der Feuerversicherungen umfassend das Baujahr von älteren Gebäuden festgestellt werden. Neben dem Baujahr werden Angaben zur Nutzung und das ungefähre Volumen der Gebäude erfaßt. Kenntnisse über Ausstattungsstandards, Heizsysteme und Bauweise (Hauptkonstruktionsmaterial sowie Dachdeckung) sind nicht in jedem Fall vorhanden. Hinzu kommt der sogenannte Wiederbeschaffungswert, der für die Versicherung wesentlich ist, sowie teilweise ein Zustandscode, der den Zustand zum Zeitpunkt der Erfassung bewertet.
Die Feuerversicherungsakten beinhalten auch Informationen über die Veränderung von Gebäuden im Laufe der Zeit, da diese - soweit versicherungsrelevant und gemeldet - dokumentiert sind nach Maßnahme, Volumen und Veränderungsgrund.

Die Erfassung und Datenorganisation ist von Länderkammer zu Länderkammer unterschiedlich. EDV-Unterlagen über die Gebäude selbst sind in der Regel nicht vorhanden und somit ist eine Datenauswertung mit äußerst mühsamen Aktenstudium verbunden. Die Organisation der Akten unterscheidet sich bisweilen je nach Bundesland.

5.1.6 Bauanträge und Bauakten

Der **Bauantrag** als amtliches Dokument auf Stadt- bzw. -Gemeindeebene ist meist die umfangreichste allgemein verfügbare Zusammenstellung von Daten und Informationen, die über ein einzelnes Gebäude verfügbar ist. Er besteht aus einem Formularsatz, der allgemeine Angaben über das Gebäude enthält wie Lage, Nutzung, BRI, BGF, GFZ, GRZ, sowie einer Baubeschreibung, einem Lageplan, einem Standsicherheitsnachweis, einem Entwässerungsgesuch, den technischen Angaben über die Feuerungsanlage und die zugehörigen Baupläne.
Bauanträge können eine Grundlage für die detaillierte Erfassung der Gebäude sein, da, wenn die Pläne vorhanden sind, mit ihrer Hilfe eine Massenermittlung möglich ist, sowie die dazugehörigen konstruktiven und materiellen Angaben zu ermitteln sind. Für eine Analyse des Gebäudebe-

standes sind vor allem die Angaben, die in den statistischen Erhebungsbögen zusammengestellt werden, von Interesse. Hier lassen sich relativ schnell die Daten für eine Alters- und Nutzungsstruktur eines Bestandes zusammentragen und über Angaben gemäß der [DIN 277] auch Größenklassen bestimmen.
Der Inhalt der Unterlagen hat sich im Laufe der Jahre immer wieder geringfügig geändert, meist wegen einer geänderten Baugesetzgebung. Statistische Erhebungsbögen gibt es erst seit den siebziger Jahren, sie liegen aber nicht in jedem Fall vor.
Die Anträge werden üblicherweise in Aktenform archiviert und sind nicht in EDV-Form vorhanden. Der Bestand an Bauantragsakten ist, vor allem für die Vorkriegsbestände, meist nicht so komplett vorhanden, wie die Akten der Feuerversicherungen.

Die kompletten **Bauakten** - Pläne und Ausschreibungsunterlagen bieten die besten Grundlagen für eine komplette Erfassung. Normalerweise sind diese jedoch nur beim Bauherrn oder Architekten archiviert und daher nicht allgemein verfügbar.

5.1.7 Sonstige

Neben den in den vorangegangenen Abschnitten vorgestellten Datenquellen, die deutschlandweit zur Verfügung stehen (ALK und ALB sind für die neuen Bundesländer noch nicht flächendeckend vorhanden), gibt es weitere Datenquellen, die bei Untersuchungen über Gebäude und Gebäudebestände eine sinnvolle Grundlage darstellen.
So existieren in vielen Städten und Gemeinden, oft nur für einzelnen Gebiete, städtebauliche **Bestandsanalysen**, die meist für Rahmenplanungen (oft in Verbindung mit Zuschüssen für eine Ortskernsanierung) in Form von Themenkarten und Gebäudekatalogen mehr oder weniger detailliert erarbeitet wurden. Hier können die Ergebnisse je nach Themenstellung unterschiedliche Merkmale betreffen. Auch existieren keine einheitlichen Konventionen.

Denkmalkataster liegen in den seltensten Fällen vor. Oftmals können Städte und Gemeinden, sowie die betreffenden Denkmalbehörden, noch nicht einmal Auskunft über die genaue Anzahl der vorhandenen Denkmäler in einem Bezirk geben. Für einzelne Denkmäler können jedoch sehr gut dokumentierte Unterlagen vorliegen.

Wohnungsbaugesellschaften, **Baugenossenschaften**, **Immobiliengesellschaften** und ähnliche Einrichtungen besitzen oft sehr gute

Angaben über ihre Bestände. Hier lassen sich meist auch Unterlagen über Erneuerungs- und Instandhaltungsmaßnahmen finden. Diese Datenbestände sind jedoch oft schwer zugänglich.

In den letzten Jahren werden im Rahmen eines Facility Managements oft neue Datenbestände von Immobilienbeständen erhoben. Hier finden sich häufig genaue Daten über Flächen und deren Nutzungen, sowie Daten zu Energieverbrauch, Ausnutzung und Wartung. Die Auswertung ist jedoch meist sehr mühsam, die Datenbestände sind sehr unterschiedlich strukturiert und müssen oft erst Gebäudeweise aufbereitet werden, da für einen Bestand oft nach Kostenstellen und nicht nach Gebäuden getrennt erhoben wird.

5.2 Datenbank

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine relationale Basisdatenbank in MS-Access™ erstellt, in der Datenbestände über Gebäude aus verschiedenen Forschungsprojekten abgelegt wurden. In diesem Abschnitt wird deren Aufbau, die Inhalte, Tabellen und Verknüpfungen, sowie die Verwendungsmöglichkeiten der Datenbank als Grundlage für eine Modellierung (s. Kap. 4 S. 75) erläutert. Beispiele zur Datenerhebung und Anwendungsmöglichkeiten hinsichtlich der Auswertung werden anhand von Beispielen dargestellt (s. Kap. 6 S. 143).

5.2.1 Datenbankstruktur

Die Datenbankstruktur bildet die drei Modellteile „semantisch“, „räumlich“ und „stofflich“ ab. In jedem Bereich gibt es unterschiedlich klassifizierte Tabellen, nämlich:

- Basistabellen
- Hauptdatentabellen
- Transformationstabellen
- Gliederungstabellen

In den **Basistabellen** werden alle Daten vorgehalten, die gebäudeunabhängig und allgemeingültig sind; sie dienen als Grundlage für die jeweilige Gebäudemodellierung (Elementkataloge, Kataloge für Nutzungsklassifizierung, etc.). In den **Hauptdatentabellen** befinden sich die spezifischen Daten zu Gebäuden oder Grundstücken. Die Aufnahme der

Grundstücke in die Datenbank entspricht der beschriebenen Systemgrenzenerweiterung (s. Kap. 3.2.1 S. 40) und ermöglicht einerseits die Verknüpfung zu übergeordneten stadträumlichen und regionalen Modellen, und ist andererseits für die genauere Definition der Gebäude und Gebäudeteile notwendig (s. Kap. 5.2.2.1 S. 127). Die Hauptdatentabellen enthalten Verknüpfungen zu verschiedenen Basistabellen. Sie enthalten die Stammdaten, mit deren Informationen die spezifische Modellierung erfolgt. Die **Transformationstabellen** enthalten keine *neuen* Daten, sondern stellen lediglich bestimmte Relationen dar (z. B. welche Gebäude sich auf einem Grundstück befinden etc.).

Gliederungstabellen (Eingabedaten)
Projektliste
Geb_Einheit_Zentral
Geb_komplex_block
Grundstueck_Flurstuecke
Grundstueck_Gebaeude

Basistabellen (Grundlagedaten)	**Hauptdatentabellen (Eingabedaten)**		
	Gebäudetabellen	**Grundstücktabellen**	**Elementtabellen**
Basis_B_Plan_Gebiet Basis_Gebaeudeart Basis_Haustyp Basis_Nutzungsklasse Basis_Brennstoff Basis_Dachform Basis_BauNVO_Gebietsnutz Basis_Flst_Nutzung	Geb_Klassifizierung Geb_Geometrie	Flurstuecke Grundstuecke	***semantische Modellierung***
	Geb_DIN_276 Geb_Kosten_DIN277		***räumliche Modellierung***
Basis_Fein_Elemkat_Ern Basis_Fein_Elemkat_NB Basis_Grob_Elemkat_Ern Basis_Grob_Elemkat_NB Basis_Makro_Elemkat_Ern Basis_Makro_Elemkat_NB Basis_Material	Geb_FE_Elem_GE Geb_FE_Elem_NB Geb_FE_Elem_TE Geb_GR_Elem_GE Geb_GR_Elem_NB Geb_GR_Elem_TE Geb_MA_Elem_GE Geb_MA_Elem_NB Geb_MA_Elem_TE		FE_Elem_Material MA_Elem_Material GR_Elem_Material Fein_Grob_Makro ***stoffliche Modellierung***

Abb. 5.2: Prinzipielle Datenbankstruktur für die Modellteile

Die **Gliederungstabellen** dienen der Verwaltung und besseren Strukturierung der Datenbank. Bei den Gliederungstabellen gibt es eine **Projekttabelle** und eine **Gebäudetabelle**. Die Projekttabelle dient sowohl zur Verwaltung der Projektnummern, sowie als Übersicht und Inhaltsangabe der in den einzelnen Projekten vorhandenen Daten. Die Angaben in der Projekttabelle sind wichtig für die spätere Auswahl der Referenzgebäude

für die dynamische Kennwertbildung; hier wird ersichtlich, wo und in welchem Umfang die benötigten Angaben zu finden sind. Die Gebäudetabelle verwaltet allgemeine Angaben zu den Gebäuden und enthält alle in der Datenbank vorhandenen **Gebäudeeinheiten** (s. Kap. 5.2.2.1 S. 127). Hier werden die jeweiligen ID's vergeben. Die Zugehörigkeit zu Gebäuden oder Gebäudekomplexen wird wiederum durch eine Transformationstabelle dargestellt (s. Kap. 5.2.2.1 S. 127).

Im Folgenden werden die Gruppen der Tabellen kurz charakterisiert; die vollständige Datenbankstruktur mit Tabelleninhalten und Verknüpfungen befindet sich im Anhang (s. Anhang 2: Datenbankdokumentation , S. 243). Die Modellteile sind untereinander vernetzt, was eine Transformation der Informationen zwischen den einzelnen Modellteilen erlaubt, d. h., der Übergang von einer semantischen in eine stoffliche Modellierung für Teilbestände wird möglich.

5.2.1.1 Semantische Modellierung

Die Daten für die semantische Modellierung finden sich in der Gebäudetabelle „Klassifizierung" und „Geometrie". Dazu gehören einige Basistabellen, die die festgelegten Definitionen enthalten. Vor allem bei der Semantischen Modellierung taucht eine Reihe von Attributen auf, deren Werte auf festgelegten Definitionen basieren müssen, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Im Abschnitt „Definitionen" (s. Kap. 5.2.2 S. 126) werden die wesentlichen Attribute vorgestellt - sowohl hinsichtlich ihrer Aussagekraft, sowie ihrer möglichen Werte.

5.2.1.2 Räumliche Modellierung

Die räumliche Modellierung wird überwiegend durch die Gebäudetabelle „DIN 277" abgebildet. Dieser Tabelle ist noch eine Tabelle mit flächenbezogenen Kostenkennwerten zugeordnet. Durch die Werte bei der räumlichen Modellierung wird die detailliertere Bildung von funktionalen Einheiten über die Einheit Gebäude hinaus möglich.
Für die räumliche Modellierung über die Systemgrenze „Außenhülle Gebäude" hinaus zu der Systemgrenze „Grundstücksgrenze" dienen die Grundstückstabellen. Die Gliederungstabelle „Grundstück_Gebäude" ordnet die Gebäude den maßgeblichen Grundstücksflächen zu; die Zuordnungstabelle „Grundstück_Flurstück", faßt die Flurstücke zu den maßgeblichen Grundstücken zusammen. Die Grundstücktabelle selbst verwaltet das Maß der baulichen Nutzung gemäß BauNVO (GFZ, GRZ und MGF). Die Werte werden jeweils aus Werten in der Gebäudetabelle „DIN 277" sowie der Tabelle „Flurstück" berechnet. Liegen dort keine dif-

ferenzierten Werte vor, so können sie direkt eingetragen werden. Die Tabelle „Flurstükke“ verwaltet alle flurstücksbezogenen Daten wie Fläche, Nutzung, Gemarkungsbezeichnung, etc.. Für die Bezeichnung der Flächennutzung des Flurstücks greift sie auf eine entsprechende Basistabelle zurück, die die Flächenbezeichnungen gemäß der Katasterbezeichnungen beinhaltet. Neben der Zusammenführung der Grundstücke wird in der Tabelle „Geb_komplex_block“ die Zusammengehörigkeit von Gebäudeeinheiten zu Gebäudekomplexen, sowie die Zugehörigkeit zu Straßenblöcken, Quartieren und Siedlungseinheiten und den jeweiligen Stadtstrukturtypen verwaltet. Diese Zusammenführung ist für regionale Modelle einsetzbar.

5.2.1.3 Stoffliche Modellierung

Die stoffliche Modellierung nimmt den umfangreichsten Raum in der Datenbank ein und besitzt die größte Komplexität. Für die Gebäude werden die Daten in den „Gebäude_Element“ - Tabellen abgelegt. Diese unterscheiden sich nach Neubau - hier werden die erhobenen Daten abgelegt - und Teil- sowie Gesamterneuerung - hier befinden sich die auf Basis der erhobenen Gebäude „modellierten“ Erneuerungspakete. Die Gebäudetabellen greifen auf einen Basiselementkatalog zu, der die Stammdatensätze für die bereits bilanzierten Elemente enthält. Der Basiselementkatalog ist mit einer Tabelle verknüpft, die die Materialmengen verwaltet, die in den jeweiligen Elementen enthalten sind. Diese wiederum bezieht sich auf den „Basis_Materialkatalog“, in dem sich die materialspezifischen Eigenschaften befinden. Durch die Verknüpfung der Element- und Materialdaten läßt sich jeweils für die Gebäude eine Materialliste generieren. Das gleiche gilt für die Erneuerungspakete. Für diese existiert ein spezieller Erneuerungselementkatalog, da hier bei den Aufwendungen und Belastungen der Ausbau des alten Elements zum Erneuerungselement hinzugerechnet wird. Die Verknüpfung der Tabellen ist im Anhang (s. Anhang 2: Datenbankdokumentation , S. 243) ersichtlich.

Diese Struktur der Elementkataloge existiert getrennt nach Fein-, Grob- und Makroelementen, wobei für ein Gebäude, das in Feinelementen erfaßt wurde, die Gebäudetabellen „Grobelement“ und „Makroelement“ generiert werden können. Hierfür dient eine Zuordnungstabelle, die die Elemente in den jeweiligen Kostengruppen der übergeordneten Gruppe zuordnet. Die aus Repräsentanten gebildeten Grob- und Makroelemente lassen sich wiederum bei der stofflichen Modellierung neuer Gebäude als Näherungswerte einsetzen.

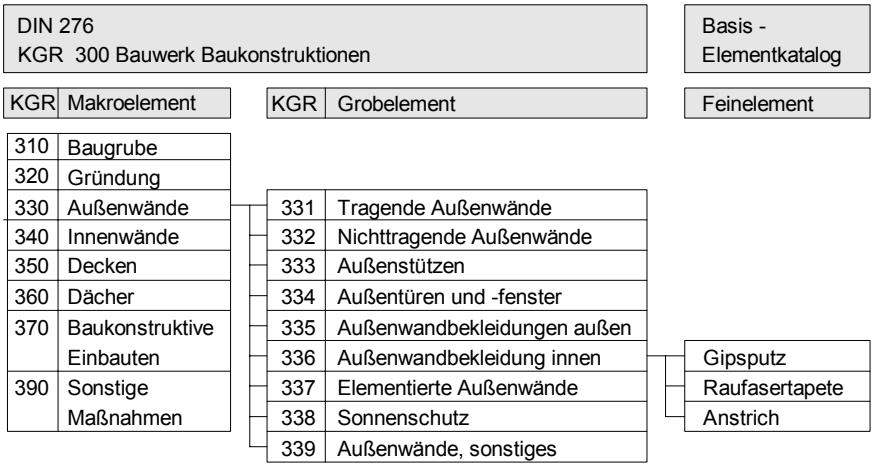


Abb. 5.3: Ausschnitt der Zuordnung von Fein-, Grob- und Makroelementen

5.2.1.4 Historisch dokumentierte Gebäude

Bei historisch dokumentierten Gebäuden werden unterschiedliche Zustände eines Gebäudes und damit die Veränderungen über die Zeit erfaßt. Hier bekommt *jeder* Zustand eine eigene ID und wird - je nach vorhandenen Unterlagen - semantisch, stofflich oder räumlich modelliert. In der Tabelle „Geb_Zustand" ist die Zugehörigkeit verschiedener Gebäudezustände zu *einem* Gebäude festgehalten. Daß es sich um einen zeitlich erfaßten Zustand handelt, wird in der „Geb_allgemein" -Tabelle in der Spalte „Zustand" vermerkt.

5.2.1.5 Nutzung - Unterhalt

Angaben zu der Nutzungsphase befinden sich in den Tabellen „Geb_Kosten_DIN18960" und „Geb_Verbrauch". Hier werden nur die gebäudebezogenen „realen" Werte, d. h. gemessene Werte, verwaltet. Bei Bedarf kann noch eine gleich strukturierte Tabelle mit Kennwerten pro Einheit erstellt werden, da hier die Datenlage für reale Werte sehr dürftig ist. Diese Tabellen sind nicht Bestandteil eines Modellteils (semantisch, räumlich, stofflich), sondern davon unabhängig der Gebäude_ID zugeordnet.

5.2.2 Definitionen

Eine wesentliche Grundlage für spätere Abfragen ist die genaue Festlegung der Begriffe und deren Definitionen, sowie deren Schreibweise. Auch für die Modellierung ist die Kenntnis der Definitionen und damit der

diesbezüglichen Systemgrenzen für die Interpretation der Ergebnisse unerläßlich. Darüberhinaus sind exakte Begriffsdefinitionen vor allem im Hinblick auf die Übernahme und Kombination unterschiedlicher Datenbestände (s. Kap. 5.2.3.1 S. 135) erforderlich. Im Folgenden wird auf die Nutzungsmöglichkeit vorhandener Definitionen für funktionale Einheiten und Klassifizierungen eingegangen und einige Grundlagenprobleme hinsichtlich deren Verwendung aufgezeigt. Generell wird versucht, weitestgehend bereits vorhandene Definitionen (DIN, Statistisches Bundesamt, Bauwerkzuordnungskatalog, etc.) zu übernehmen. Weitere grundlegende Begriffe und feststehende Definitionen, die direkt aus anderen Quellen übernommen werden, sind im Anhang (s. Anhang 1: Definitionen , S. 235) zusammengestellt.

5.2.2.1 Einheiten

Die Festlegung und genaue Definition von Einheiten, die später auch als Basis zur Bildung von Kennwerten (s. Kap. 4.3.2.1 S. 101) dienen, ist eine wichtige Voraussetzung für die Nutzung der Datenbank und dem Prinzip des Modells. Räumliche und flächenbezogene Einheiten sind eindeutig über die [DIN 277] definiert. Weiterhin wird oft die Einheit „Wohneinheit" verwendet, die auch eindeutig definiert ist [STA-BU].
Bei der Nutzung vorhandener Datenbestände lassen sich gewisse Unschärfen jedoch nicht vermeiden. So führen beispielsweise die in den einzelnen Ländern unterschiedlichen Bauordnungen zu verschiedenen Interpretationen von Vollgeschossen. Bisweilen ändern sich manche Definitionen auch im Laufe der Jahre, d. h., Informationen aus älteren Datenquellen basieren nicht exakt auf der gleichen Definitionsgrundlage. Das gilt beispielsweise auch für Berechnungen nach [DIN 277].

Für die Einheit „Gebäude", die ja per Definition eine Basiseinheit des Systems und somit ein zentrales Element der Modellierung ist, gibt es keine vorhandene sinnvolle Definition, die ohne weitere Modifizierung für die Modellgrundlage übernommen werden kann.

Die Begriffe **Gebäude**, **Gebäudeabschnitt**, **Gebäudeeinheit** oder **Gebäudeteil** werden oft synonym verwendet und sind *nicht* allgemeingültig definiert. Je nach Datenquelle ist die Bezugseinheit für den Begriff „Gebäude" unterschiedlich. Wird mit verschiedenen Datenquellen gearbeitet, ist der Umgang mit dem Begriff Gebäude zunächst zu prüfen. Eine Definition, die eine gute Grundlage bietet, findet sich beim Statistischen Bundesamt:

Definition: „Gebäude"

„Selbständig benutzbare, überdachte Bauwerke, die auf Dauer errichtet sind und die von Menschen betreten werden können und geeignet oder bestimmt sind, dem Schutz von Menschen, Tieren oder Sachen zu dienen.
Dabei kommt es auf die Umschließung durch Wände nicht an. Die Überdachung allein ist ausreichend. Gebäude müssen jedoch eine selbständige baukörperhafte Begrenzung aufweisen und für sich benutzbar sein.
Als einzelnes Gebäude gilt jedes freistehende Gebäude oder bei zusammenhängender Bebauung, zum Beispiel Doppel-, Gruppen- und Reihenhäuser, jedes Gebäude, das durch eine vom Dach bis zum Keller reichende Brandmauer von anderen Gebäuden getrennt ist. Sofern eine Brandmauer nicht vorhanden ist, gelten die zusammenhängenden Gebäudeeinheiten als einzelne Gebäude, wenn sie ein eigenes Erschließungssystem (eigener Zugang und eigenes Treppenhaus) und ein eigenes Ver- und Entsorgungssystem besitzen und für sich benutzbar sind.
Auch selbständig benutzbare unterirdische Bauwerke, die von Menschen betreten werden können und geeignet oder bestimmt sind, dem Schutz von Menschen, Tieren oder Sachen zu dienen, gehören zu den Gebäuden.
Die Gebäude werden unterschieden nach Wohn- und Nichtwohngebäuden.
Nicht als Gebäude gelten Unterkünfte, behelfsmäßige Nichtwohngebäude, freistehende selbständige Konstruktionen, Schacht- und Stollenbauten des Bergbaus." [STA-BU]

Der Begriff „Gebäude" ist im System als räumliche Einheit zunächst typologisch - strukturell zu verstehen. Wie schon bei der Definition gemäß [STA-BU] ersichtlich wird, ist *keine* eindeutige Definition mit Hilfe eines Attributs möglich. Es sind in jedem Fall mehrere Attribute notwendig, um ein Gebäude eindeutig als solches zu identifizieren.

Bei den Wohngebäude wäre hier der Haustyp (s. Kap. 5.2.2.2 S. 131) ein weiteres Attribut, um ein Gebäude als solches eindeutig zu definieren. Folgende Probleme treten hier häufig auf:
Bei dem Haustyp „Mehrfamilienhaus" unterteilen Brandabschnitte entgegen der vorherigen Definition *ein* Gebäude in verschiedene Gebäudeeinheiten, wenn es sich räumlich um *einen* Baukörper handelt, der im Zuge einer Baumaßnahme entstanden ist (z. B. fünfziger Jahre Zeilenbau, der mehrere Eingänge und damit getrennte Gebäudeeinheiten mit jeweils eigenem Erschließungssysteme besitzt). Jede Gebäudeeinheit kann ebenfalls eine Verwaltungstechnische Einheit sein und ihre eigene Adresse besitzen, und somit einzeln in Datenquellen aufgeführt werden, wo nicht mehr ersichtlich ist, daß es sich um eine Einheit innerhalb eines Mehrfamilienwohnhauses handelt (s. Abb. 5.4: S. 129).

Gehört ein Gebäude zu dem Haustyp „Doppelhaus“ (s. Kap. 5.2.2.2 S. 131), so handelt es bei der Datenhaltung *immer* um die Einheit „Doppelhaushälfte“. Das gleiche gilt für Reihenhäuser; hier wird der Definition des Statistischen Bundesamtes entsprochen.

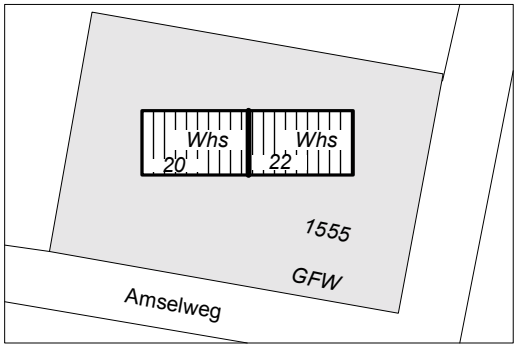


Abb. 5.4: Zwei Gebäudeeinheiten in einem Mehrfamilienwohnhaus

Da keine einheitliche Konvention existiert, wird hier zunächst der Begriff **Gebäudeeinheit** verwendet. Dieser wird hier definiert als ein physischer Gebäudeteil, welcher einem Gebäude entsprechen kann - es kann sich aber auch nur um einen untergeordnetes Gebäudeteil wie z. B. einen Anbau handeln. Die Verwendung des Begriffs Gebäudeeinheit ist vor allem bei der Datenübernahme aus unterschiedlichen Quellen sinnvoll.

Die Einführung des Begriffs Gebäudeeinheit als Einheit in der Datenbank ist für viele Fälle unerläßlich. So kann hier ein Einfamilienhaus, das zu einem späteren Zeitpunkt erweitert wurde, in zwei Gebäudeeinheiten erfaßt werden - dem Hauptteil und dem Anbau. Jede Einheit erhält das jeweilige Baujahr, eine eigene ID und die spezifischen Angaben, die sich gerade bei der Klassifizierung und auch bei der Konstruktion oft unterscheiden, d. h., die „Gebäude_id“ bezeichnet *immer* Gebäudeeinheiten, die zwar oft, aber nicht zwingend, einem Gebäude entsprechen. In der Tabelle gibt die Bezeichnung unter der Rubrik „Einheit“ eine Klassifizierung der Gebäudeeinheit an (Gebäude, Anbau, Verbindungsbau, etc.).

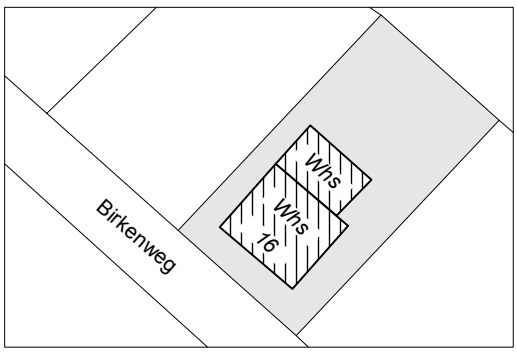


Abb. 5.5: Zwei Gebäudeeinheiten: Wohnhaus mit Anbau

Während die Definitionen bei Wohngebäuden in Kombination mit dem Haustyp (s. Kap. 5.2.2.2 S. 131) oft noch eindeutig zu klären sind, stellt sich die Problematik bei Nichtwohngebäuden wesentlich komplexer dar. Vor allem bei alten Industrieanlagen gibt es oft zahlreiche Anbauten oder Verbindungsbauten, die sich häufig nicht genau einem Gebäude zuordnen lassen. Daher wird bei Nichtwohngebäuden ebenfalls generell mit dem Begriff „Gebäudeeinheit" gearbeitet. Neben dem übergeordneten Begriff „Gebäude" wird für Nichtwohngebäude noch der Begriff **Gebäudekomplex** eingeführt. So lassen sich vor allem bei über lange Zeiträume gewachsenen Betriebsanlagen diejenigen Gebäudeeinheiten, die nicht eindeutig einem Gebäude zuzuordnen sind, unter dem Begriff Gebäudekomplex zusammenfassen.

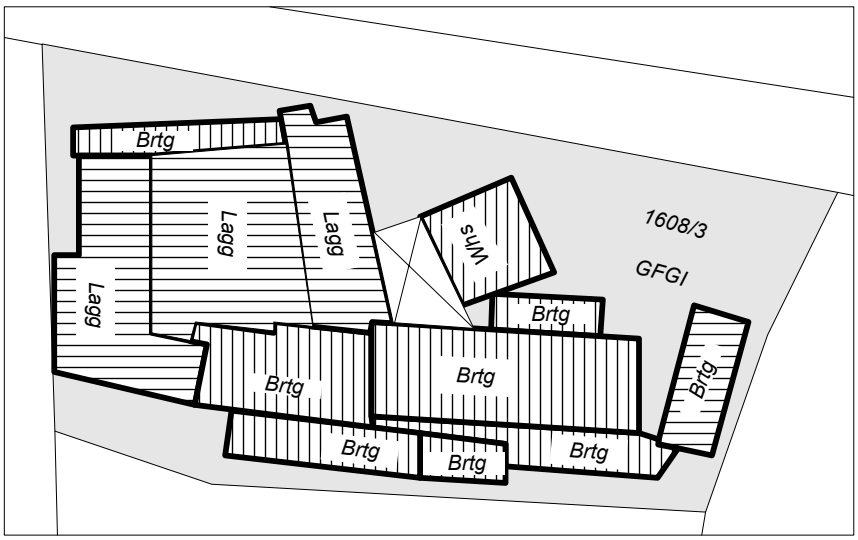


Abb. 5.6: Gebäudekomplex aus 12 Gebäudeeinheiten

db_id	Komplex_db_id	Gebaeudeart
1	1	Wohnhaus
2	1	Lager
3	1	Lager
4	1	Lager
5	1	Betriebsgebaeude
6	1	Betriebsgebaeude
7	1	Betriebsgebaeude
8	1	Betriebsgebaeude
9	1	Betriebsgebaeude
10	1	Betriebsgebaeude
11	1	Betriebsgebaeude
12	1	Betriebsgebaeude

Tab. 5.1: Beipielausschnitt aus der Tabelle Geb_komplex

In der Tabelle „Geb_komplex" in der Datenbank findet die Zusammenstellung der Einheiten zu Gebäuden oder Gebäudekomplexen statt, wenn dies über die Datenquelle zu identifizieren ist.

5.2.2.2 Klassifizierung

Die Klassifizierung dient der besseren Definition der Gebäude und der Bildung von Teilbeständen. Sie erfolgt vor allem bei der semantischen Modellierung. Viele Attribute, die bei der semantischen Modellierung erfaßt werden, dienen vor allem der Bildung von Teilbeständen. Je mehr Attribute übereinstimmen, desto homogener wird ein Teilbestand und desto differenzierter sind die Kennwerte, die von den entsprechenden Repräsentanten übernommen werden.
Bei der Übernahme vorhandener Daten muß auch hier mit Unschärfen gerechnet werden. Die Zuordnung von Begriffen zu den Objekten beispielsweise bei der Nutzungsklassifizierung bzw. der Gebäudeart unterliegt oft einem gewissen Interpretationsspielraum des Erfassers. Gerade bei großen Datenmengen kann man jedoch davon ausgehen, daß Daten aus einer bestimmten Quelle einer gewissen Homogenität unterliegen. Innerhalb der Datenbank sind Zuordnungen über Transformationstabellen festgelegt.

Nutzungsklassen
Definitionsgrundlage: Statistisches Bundesamt
Der Begriff der Nutzungsklasse wird gemäß der Definitionen des Statistischen Bundesamtes übernommen und unterscheidet als oberes Klassifizierungsmerkmal zwischen:

- Wohngebäuden und
- Nichtwohngebäuden

Bei den Nichtwohngebäuden findet eine weitere Klasseneinteilung entsprechend der Nutzung statt. Hier wird unterschieden zwischen:

- Anstaltsgebäude
- Büro- und Verwaltungsgebäude
- Landwirtschaftliche Betriebsgebäude
- Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude, darunter
  Fabrik- und Werkstattgebäude
  Handels- und Lagergebäude
  Hotels und Gaststätten
- Sonstige Nichtwohngebäude

Die Unterteilung der Nichtlandwirtschaftlichen Betriebsgebäude ist sicherlich nur für spezielle Untersuchungen sinnvoll. Innerhalb der Datenbank wurde eine Transformationstabelle angelegt, damit die Werte aus verschiedenen Grundlagen, die Gebäudearten definieren, in diese Klassifizierung überführt werden können. Bislang wurden die Bezeichnungen im ALB [VFL] und BWZ [BWZ 91] integriert. Die Transformationstabelle kann jederzeit erweitert werden.

Die Einteilung in Nutzungsklassen ist - neben der Bildung von Teilbeständen - vor allem für die Auswertung sinnvoll. Durch diese Klasseneinteilung erhält man meist statistisch relevante Größen, die dann weiter untersucht werden können.

Gebäudeart

Definitionsgrundlage: Statistisches Bundesamt, Bauwerkzuordnungskatalog [BWZ 91], Verwaltungsvorschrift für die Führung des Liegenschaftsbuches mit automatischer Datenverarbeitung [VFL].
Die Bauwerksnutzung ist ein wesentliches Gliederungsmerkmal für Gebäude. Das Statistische Bundesamt bezeichnet dieses Attribut als „Gebäudeart". Diese Bezeichnung wird auch für die Gebäudedatenbank übernommen. Als Werte gibt es neben den Definitionen des Statistischen Bundesamts noch die Definitionen des Bauwerkzuordnungskatalogs, der ATKIS-OK, die Verwaltungsvorschrift zur Führung des Liegenschaftsbuches mit automatischer Datenverarbeitung [VFL].
Werden große Datensätze übernommen, so wird auch die dortige Bezeichnung übernommen. Wichtig ist zu dokumentieren, aus welcher Quelle die Bezeichnung stammt.

Die Gebäudeart liefert eine detailliertere Bezeichnung der Nutzung eines Gebäudes. Es existieren verschiedene Konventionen, d. h. Kataloge, die Definitionen der Gebäudeart festlegen, z. B. der Bauwerkzuordnungskatalog [BWZ 91] und die Nutzungsbezeichnungen im ALB [VFL].
Die Transformationsdatei, die die verschiedenen Gebäudeartenkataloge den Nutzungsklassen zuordnet, erlaubt eine Überführung der Gebäudeartenkataloge untereinander (s. Anhang 2: Datenbankdokumentation , S. 243).
Darüberhinaus existiert beim STABU ein ausführlicher Katalog, in dem ca. 1200 Nichtwohngebäude genau bezeichnet und dann mittels eines Schlüssels einer Nutzungsklasse zugeordnet werden [SfN 78].
Für die Definition der Gebäudeart wurde eine Transformationstabelle angelegt, in der unterschiedliche Kataloge (BWZ, ALB, etc) zusammengeführt sind. In der Transformationstabelle werden die Gebäudearten sowohl untereinander zugeordnet, wie auch nach der entsprechenden

Nutzungsklasse gemäß der Konvention des statistischen Bundesamtes. Da in Einzelfällen Zuordnungen nicht eindeutig sind ist es wichtig, diese immer auf Basis der festgelegten Transformationstabelle herzustellen und diese gegebenenfalls zu ergänzen, damit für die Auswertungen immer eine einheitliche Grundlage gegeben ist.

Gebäudebezeichnung im ALB	Abkürzungen ALB	Nutzungsklassen
Altenheim	Althm	A
Aussichtsturm	At	So
Badegebäude	Badeg	So
Betriebsgebäude	Btrg	NLB
Bibliotheksgebäude	Bibl	So
Bürogebäude	Büro	B&V
Burg	Burg	So
Campingplatzgebäude	Cpg	So
Empfangsgebäude	Empfg	NLB
Energieversorgungsgebäude	Energie	NLB
Fabrikgebäude	Fabr	NLB
Feuerwehrgebäude	Fwg	B&V
Forschungsinstitut	Forsch	B&V

Abb. 5.7: Auszug aus der Transformationstabelle ALB zu Nutzungsklassen nach STABU

Haustyp

Definition: eigene Festlegung

Der Begriff „Haustyp" bezeichnet bestimmte Gebäudetypen, die bei Wohngebäuden vorkommen. Das Statistische Bundesamt unterscheidet hier nur zwischen Einzelhaus, Doppelhaus, Reihenhaus und sonstigem Haustyp, was für strukturelle Untersuchungen noch ergänzt werden muß. Darum wird hier unterschieden nach:

- Einfamilienhaus
- Doppelhaus
- Reihenhaus
- Mehrfamilienhaus
- Hochhaus

Bauart

Definition: eigene Festlegung

Der Begriff der Bauart folgt keinen vorgegebenen Definitionen; er wird hier für die Modellierung festgelegt. Es wird unterschieden zwischen Hallen- und Geschoßbau.

Diese Unterscheidung wird bei industriell genutzten Gebäuden sinnvoll. Hier zeigen sich die Relationen zwischen Flächen und Volumen zu den Stoffmassen.

Konstruktionstyp
Definition: eigene Festlegung
Auch hier wurde keine verbindliche Definition in der Literatur gefunden und daher eine eigene Definition entwickelt. Es wird bislang unterschieden zwischen:

- Massivbau
- Skelettbau
  Stahl
  Beton
  Holz
- Fachwerkbau
- Fertigteilbau
- Plattenbau
- Sonstiges

Der Konstruktionstyp gibt Aufschluß über Baumassen im Verhältnis zu den Grundflächen, sowie über bestimmte Materialien und Bautechniken. Der Konstruktionstyp ist vor allem in Ergänzung zu dem Haustyp, bzw. der Bauart sinnvoll.

Baujahr
Das Baujahr gehört zu den Schlüsselattributen; es bestimmt entscheidend die Konstruktion, die Materialverwendung, die Gebäude- und Raumgeometrie und die Raumorganisation. Darüberhinaus ist das Baujahr eine wichtige Grundlage für die künstliche Alterung und damit der Feststellung der Lebenszyklusphase, in welcher sich ein Gebäude befindet.

5.2.3 Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgt, je nach Struktur und Detaillierungsgrad der Datenquelle, sehr unterschiedlich. Dies bezieht sich einerseits auf den Umfang der zu erhebenden Daten, bzw. die Anzahl der Datenquellen pro Gebäude, sowie den „technischen" Vorgang der Datenerhebung.

Werden Daten aus Aktenbeständen quasi von Hand einzeln erhoben, so dient ein Formular als Grundlage für die Dateneingabe in die Datenbank. Das Eingabeformular ist sinnvollerweise auf die Angaben der jeweiligen Datenquelle anzupassen, die ja sehr unterschiedlich sein können; daher gibt es keine generell vorgefertigten Eingabeformulare.
Liegen umfangreiche Datensätze bereits in EDV-Form vor, so empfiehlt sich zunächst die Anpassung auf die entsprechenden Datenformate und Begriffe, wie sie in der Datenbank festgelegt sind, um sie dann über eine ODBC- Schnittstelle in die Datenbank einlesen zu können.
Werden Repräsentanten erhoben (s. Kap. 4.2.3 S. 94), so erfolgt die detaillierteste Erhebung für ein Gebäude; hier bildeni meist unterschiedliche Datenquellen die Grundlage, bis hin zu Untersuchungen am Gebäude vor Ort.

Für die Datenerfassung großer Bestände ist es sinnvoll, auf Datenquellen zurückzugreifen, die meist zwar nur über wenige Informationen pro Gebäude verfügen, jedoch für eine große Anzahl von Gebäuden vorhanden sind. Auch liegt den Erhebungen bzw. Daten meist eine einheitliche Vorgehensweise bei der Erfassung zugrunde, wodurch die Daten gut vergleichbar sind. So wird beispielsweise bei den Datenbeständen der Brandschutzversicherung Baden der Bruttorauminhalt erhoben; dies erfolgt jedoch nur grob und nicht exakt nach den Vorschriften der [DIN 277]. Diese Aktenbeständen eignen sich jedoch aufgrund ihrer Vollständigkeit (auf Landesebene) und durch dort erhobene Daten gut für Untersuchungen.

Wie bei Einzelgebäuden, die detailliert erhoben werden, lassen sich auch für große Bestände die Daten aus unterschiedlichen Quellen kumulieren. Die Verknüpfung unterschiedlicher Datenquellen zum Zweck der inhaltlichen Ergänzung kann grundsätzlich auf zwei Arten geschehen: Einerseits kann es sich um unterschiedliche Datenquellen zu einem Bestand handeln, die sich hinsichtlich ihrer Inhalte gebäudebezogen oder teilbestandsbezogen ergänzen. Andererseits können unterschiedliche Datenquellen gleichen Inhalts über mehrere gleich definierte Teilbestände für Untersuchungen sinnvoll sein.

5.2.3.1 Überlagerung vieler Datenquellen eines Bestands

Prinzipielle Idee ist hier der Kumulationseffekt der Informationen auf Gebäudeebene für große Datenmengen. Aus unterschiedlichen Datenquellen über den Baubestand einer Stadt, einer Firma oder anderer Bestände, sollen die Inhalte verschiedener Datenquellen kumuliert werden. So lassen sich beispielsweise aus dem Automatisierten Liegenschaftsbuch Da-

ten über Gebäudenutzung und Grundstück entnehmen. Über die Adresse kann eine Verbindung zu Daten des Bauaufsichtsamts hergestellt werden. Hier kommen Informationen über genehmigungspflichtige Baumaßnahmen (Neubau, Anbau, etc.), sowie Daten über Nutzflächen und Bruttorauminhalt hinzu.
Voraussetzung ist jedoch, daß die Gebäude innerhalb eines Bestandes mit einem eindeutigen Merkmal identifiziert werden können. Meist kann ein Gebäude erst durch die Kombination mehrere Merkmale eindeutig identifiziert werden (Adresse, Flurstücknummer, Nutzung). Häufig auftretende Fälle sind hier:

- Verschiedene Gebäude auf einem Flurstück (s. Abb. 5.8: S. 136)
- Ein Gebäude auf mehreren Flurstücken (s. Abb. 5.9: S. 136)
- Mehrere Gebäude auf einem Flurstück mit der selben Adresse (s. Abb. 5.10: S. 137)
- Zwei Gebäudeeinheiten mit unterschiedlichen Adressen in einem Mehrfamiliengebäude auf einem Flurstück (s. Abb. 5.11: S. 137)

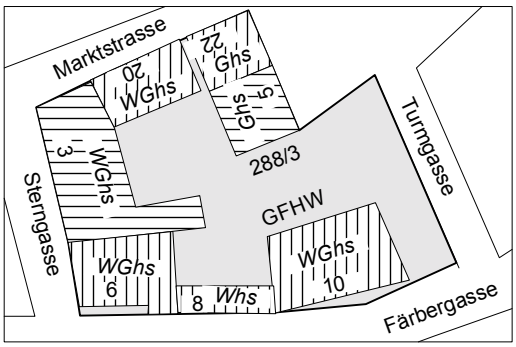


Abb. 5.8: Verschiedene Gebäude auf einem Flurstück

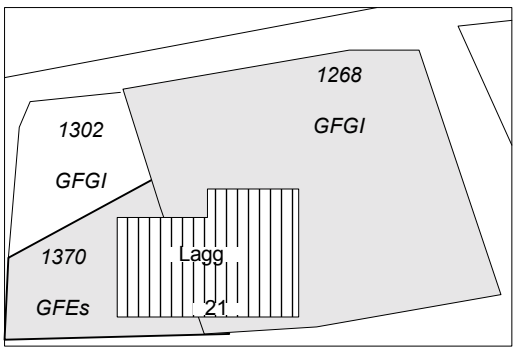


Abb. 5.9: Ein Gebäude auf mehreren Flurstücken

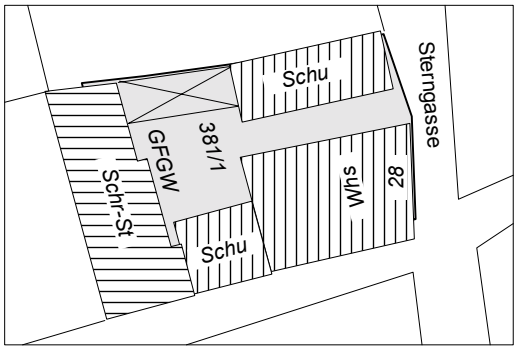


Abb. 5.10: Mehrere Gebäude auf einem Flurstück mit der selben Adresse

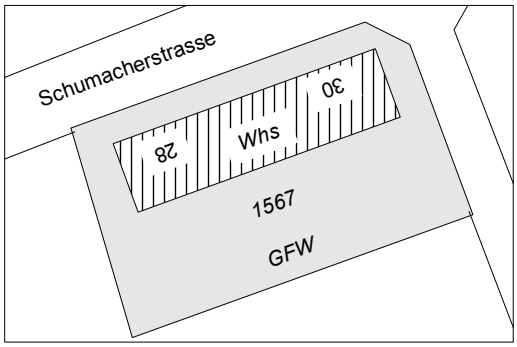


Abb. 5.11: Zwei Gebäudeeinheiten mit unterschiedlichen Adressen in einem Mehrfamiliengebäude auf einem Flurstück

Für die Zuordnung in der Datenbank sind dann oft mehrere Attribute erforderlich. Liegen nicht genügend unterschiedliche Werte vor, so sind manche Gebäude nicht eindeutig zuzuordnen (s. Abb. 5.12: S. 137).

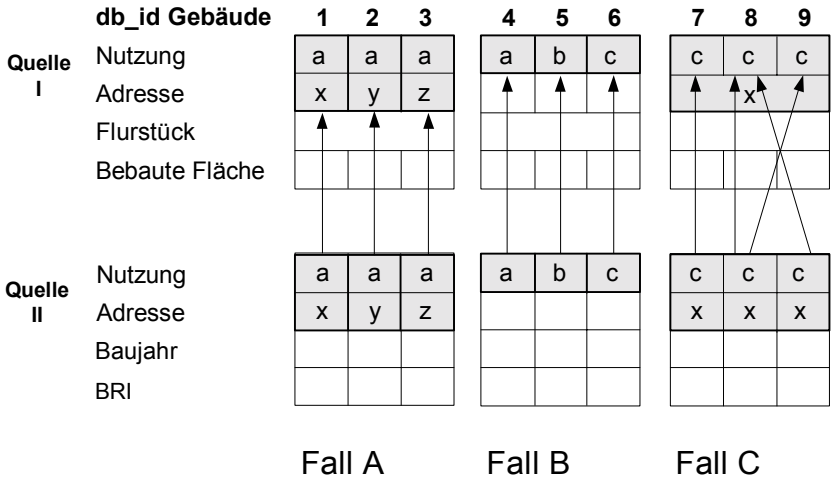


Abb. 5.12: Datenzuordnung bei der Nutzung verschiedener Datenquellen

Fall A: drei Gebäudeeinheiten auf einem Flurstück haben die gleiche Nutzung, lassen sich aber durch unterschiedliche Adressen zuordnen

Fall B: drei Gebäude auf einem Flurstück lassen sich über unterschiedliche Nutzungen zuordnen

Fall C: Adresse, Flurstück und Nutzung sind für drei Gebäudeeinheiten gleich, hier müssen für eine eindeutige Zuordnung detailliertere Angaben (beispielsweise die bebaute Fläche) hinzugezogen werden.

Neben dem Problem der eindeutigen Identifikation wird die Datenergänzung oft durch unterschiedliche Formate erschwert. Bevor die Daten aus unterschiedlichen Quellen in die Datenbank eingelesen werden, müssen erst die Konventionen für die Formate von Flurstücknummern, oder die Schreibweise von Adressen (vor allem die Trennung von Straße und Hausnummer, sowie deren einheitliches Format bei Zusatzbuchstaben) angeglichen werden. Selbst wenn theoretisch eine hundertprozentige Übereinstimmung der Bestände zweier Datenquellen möglich wäre, so wird bei der Überlagerung der Datenquellen immer eine erhebliche Anzahl der Gebäude nicht zuzuordnen sein - sei es durch die oben genannten Identifikationsprobleme, oder durch formale Zuordnungsprobleme. Einige Beispiele für Möglichkeiten der Datenkumulation werden am Ende der Arbeit anhand der Datenbestände von Ettlingen gezeigt (s. Kap. 6.2 S. 157).

5.2.3.2 Gleichartige Datenquellen auf Teilbestandsebene

Sollen Untersuchungen zu einem bestimmten Teilbestand (z. B. einer Kleinstadt) gemacht werden, so lassen sich beispielsweise strukturelle Erkenntnisse, die bereits in der Datenbank über ähnliche Teilbestände vorhanden sind, zugrunde legen. Dieses Vorgehen beschreibt prinzipiell die Möglichkeit der Kennwertbildung durch Nutzung vorhandener Daten. So können Daten, die prinzipiell aus der gleichen Datenquelle stammen, z. B. dem ALB, für verschiedene ähnliche (durch Merkmale festgelegte) Teilbestände erhoben werden (s. Kap. 6.1 S. 144). Die Untersuchung zeigt, daß der Nutzungsquerschnitt nicht wesentlich differiert. Werden diese Untersuchungen statistisch belegt, so kann für sämtliche Gemeinden der gleichen Größenordnung die Nutzungsstruktur in angegebenen Bereichen angenommen werden.

5.3 Einsatz von Geoinformationssystemen

Geoinformationssysteme (GIS) sind äußerst leistungsfähige Softwareprogramme, die in einer Datenbank strukturierte Daten räumlichen Objekten zuordnen. Bei der Untersuchung und der Analyse räumlich zusammenhängender Bestände bietet die Datenorganisation mit Hilfe eines GISes einen großen Vorteil. Einerseits kann sie zur „Bestandsaufnahme", bzw. Datenerhebung dienlich sein, andererseits zur Darstellung und Auswertung für räumliche Fragestellungen.
Wesentliche Grundlage ist die Möglichkeit, jedes Gebäude, bzw. jede Gebäudeeinheit als **Objekt** zu definieren, und mit den dazugehörigen Datensätzen in der Datenbank zu verbinden, d. h. jedes Gebäude erhält eine eindeutige ID, die mit der Graphik verknüpft (verlinkt) wird.

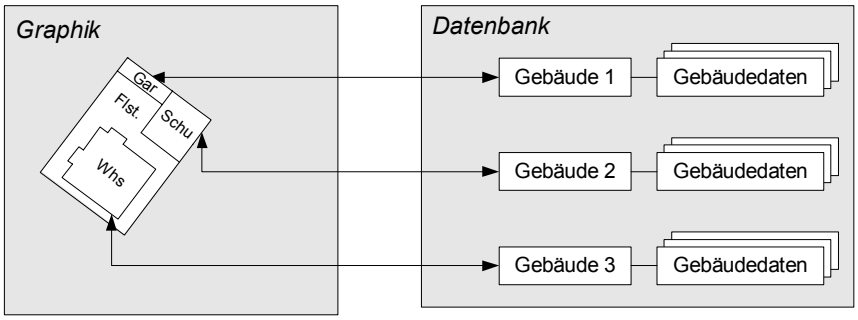


Abb. 5.13: Zuordnung der Gebäudedaten zu graphischen Objekten

Bei der Datenerhebung über große Bestände, einer Stadt beispielsweise, ist die Herstellung jedes Gebäudes als Objekt, bzw. die Verbindung zur Datenbank sehr aufwendig. Daher wurde im Rahmen dieser Dissertation zunächst versucht, mit vorhandenen Datenbanken, bzw. Objektverknüpfungen, zu arbeiten. Grundlage bildete die Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK), sowie das automatisierte Liegenschaftsbuch (ALB), die bereits in einer handelsüblichen Software die Vorteile der Nutzung eines GIS ermöglichen. Der Primärschlüssel, bzw. das räumliche Objekt, welches mit der Datenbank verbunden ist, ist das Flurstück, da diese Einheit dem Liegenschaftsbuch zugrunde liegt. Um später Gebäudedaten abspeichern zu können, wird eine externe Gebäudedatenbank über eine ODBC - Schnittstelle mit der ALB - Datenbank verbunden.

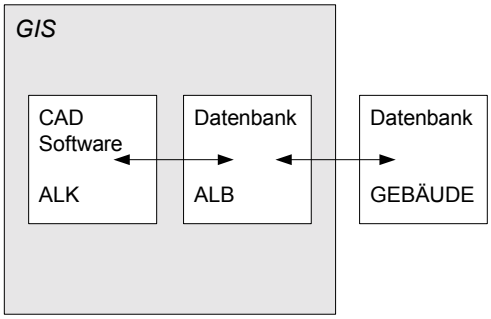


Abb. 5.14: Anbindung einer externen Datenbank an ein GIS

Um nicht jedes einzelne Objekt „Gebäude" direkt mit der Datenbank verlinken zu müssen, kann bei der Verwendung von ALK und ALB über die Verwendung der Flurstücke als Primärschlüssel und eine Zuordungstabelle der Flurstücke und Gebäude, eine Gebäudedatenbank angekoppelt werden. In der Gebäudedatenbank können die aus dem GIS erhobenen Daten durch beliebige andere Datensätze über einen beliebigen weiteren Schlüssel ergänzt werden. Eine Einschränkung hierbei liegt darin, daß das Verbindungsobjekt zur Datenbank nicht das Gebäude, sondern das Flurstück ist. Hier treten dann die bereits beschrieben Identifikationsprobleme auf, wenn mehrere Gebäude auf einem Flurstück stehen, bzw. sich ein Gebäude über mehrere Flurstücke erstreckt.
Auch wenn keine eindeutige Gebäudezuordnungen der Datensätze möglich sind, so erlaubt das GIS auf der Basis ALB / ALK eine summarische Zuordnung der Gebäudenutzung zu der bebauten Fläche, was die Bildung von Archetypen, die Auskunft über die Flächennutzung einzelner Gebäudenutzungsklassen, erlaubt (s. Tab. 6.17: S. 172).

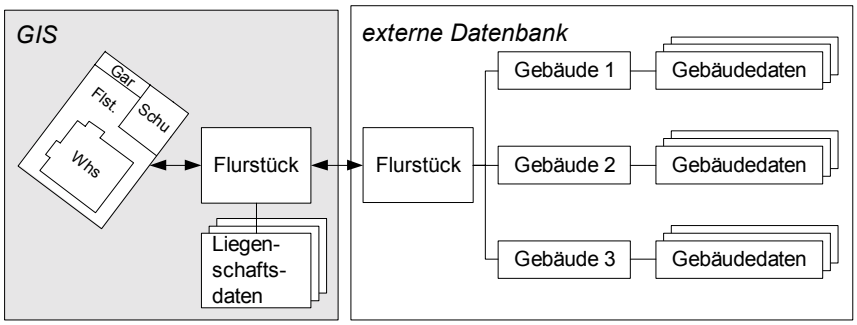


Abb. 5.15: Das Flurstück als Verbindungsobjekt zu den Gebäudedaten

Neben den Daten, die sich direkt aus ALK und ALB auslesen lassen (Bebaute Fläche, Fläche und Nutzung der Flurstücke, Nutzung der Gebäude), lassen sich direkt weitere Daten gewinnen, wie z. B. das Maß der baulichen Nutzung (GRZ, GFZ). Darüberhinaus können räumlich homogene Bestände identifiziert, und mit Daten, die aus Stichproben gewon-

nen werden, direkt ergänzt werden. Durch die Möglichkeit der Selektion auf der Karte läßt sich der Gebäudebestand ganzer Städte durch die Ergänzung von Informationen aus qualifizierten Bebauungsplänen oder sonstigen thematischen Karten, relativ schnell in einer ersten Näherung für bestimmte Merkmale struktureller Untersuchungen ein großer Datenbestand erarbeiten. Diese Datensätze lassen sich dann gezielt durch Stichprobenerhebung oder Kennwerte aus vergleichbaren Beständen ergänzen.

Feldname	Quelle

db_id	Autowert, Datenbank
Gebäudeart	B-Plan, bei WR eindeutig für jedes Gebäude
Anzahl Vollgeschosse	B-Plan, kann mit BF zur groben Ermittlung der BGF dienen
GFZ	B-Plan, läßt sich mit Angaben aus ALK exakt berechnen
GRZ	B-Plan, läßt sich mit Angaben aus ALK exakt berechnen
Bauweise	B-Plan
Dachform	B-Plan

Abb. 5.16: Datenerfassung mit Hilfe eines GIS

Eine weitere Verwendungsmöglichkeit bietet das GIS für die spätere Anbindung und Erhebung von Infrastrukturdaten - Verkehrserschließung, sowie Ver- und Entsorgungsnetzen.

6 Beispiele

Die Untersuchung der Datenquellen hinsichtlich ihrer Qualität, deren Nutzungmöglichkeit für die Bestandsanalyse sowie die Probleme bei der Übernahme großer Datenbestände und der Überlagerung verschiedener Datenquellen, fand anhand konkreter Bestände statt. Erhoben und untersucht wurden dabei nur Datenbestände, die für die strukturelle Bestandsanalyse Informationen liefern, d. h. Daten, die später auch die Grundlage für die Bildung von Teilbeständen bilden. Bei der Erhebung handelt es sich dadurch ausschließlich um Gebäudefragmente; Repräsentanten wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht erhoben (s. Kap. 4.2.3 S. 94).

Die Datenanalysen erfolgten überwiegend am Beispiel des Bestandes einer Stadt. Der Bestand „Stadt" wurde ausgewählt, da hier fast alle strukturellen Phänomene eines Gebäudebestandes ersichtlich werden. Der Bestand einer Firma oder einer Wohnungsbaugesellschaft wäre - vor allem in seiner Nutzungsstruktur - zu speziell.
Bei der Auswahl der Stadt wurde darauf geachtet, daß es sich nicht um einen überwiegenden Wohnstandort handelt, sondern eine große Vielfalt der gebäudetypologischen Phänomene vorhanden ist. Gewisse Einschränkungen sind jedoch immer gegeben; so weist eine Stadt erst ab einer gewissen Größe unter Umständen eine industrielle Struktur auf oder verfügt über den Typus der Gründerzeitblocks, andererseits sind meist ehemals landwirtschaftlich genutzte Hofreitenstrukturen nur in kleineren Städten zu finden. Regionale strukturelle Unterschiede können natürlich auch nicht anhand eines Beispiels erarbeitet werden.
Neben den stadtstrukturellen mußten auch noch technische Voraussetzungen erfüllt sein: Vorhandensein von ALK und ALB auch in einem Geoinformationssystem, sowie die Bereitschaft, diese Daten auch zur Verfügung zu stellen. Weiterhin war auch die räumliche Nähe zu Karlsruhe wünschenswert.

Nach einigen Voruntersuchungen wurde in der Stadt Ettlingen ein kooperationsbereiter Partner gefunden. Ohne die Unterstützung der Stadtverwaltung wären diese Untersuchungen nicht möglich gewesen. Da der Datenbestand der ehemaligen Landesfeuerversicherung ebenfalls von Interesse war, lag ein weiterer Vorteil darin, daß die erforderlichen Akten in Karlsruhe archiviert wurden und eine diesbezügliche Kooperationsbereitschaft bereits vorhanden war.

Ettlingen ist eine Kreisstadt in Baden-Württemberg mit ca. 25.000 Einwohnern, die einerseits hinsichtlich der Gebäudealtersstruktur eine gute Mischung bietet, wie auch andererseits in Bezug auf ihre Nutzungsstruktur. Sie ist kein reiner Wohnstandort, sondern es sind sowohl alte wie auch neue Gewerbezweige angesiedelt.

In diesem Kapitel werden einige Ergebnisse struktureller, statischer Bestandsanalysen gezeigt. Weiterhin werden einige Möglichkeiten dargestellt, wie Grundlagedaten für die dynamischen Untersuchungen ermittelt werden können. Die strukturelle Analyse und modellhafte Abbildung liefert immer die Basis für weitere Berechnungen. Die Teilbestände werden dabei jeweils in Größeneinheiten erfaßt; über die Attribute der Teilbestände und deren Einheiten lassen sich für weitere Berechnungen Schnittstellen zu Repräsentanten schaffen (s. Kap. 4.3 S. 96). Dabei werden bereits beschriebene Probleme hinsichtlich der Datenübernahme nochmals verdeutlicht (s. Kap. 5.2.3 S. 134). Die hier kommentierten Beispiele werden überwiegend anhand von Diagrammen veranschaulicht. Die Tabellen zu den Diagrammen sowie vertiefende Untersuchungen sind im Anhang 3 zusammengestellt.

6.1 Vergleich von Teilbeständen

Die vergleichende Auswertung einer Datenquelle, die prinzipiell für ganz Deutschland vorhanden ist, soll zeigen, wie sich die Struktur verschiedener Teilbestände darstellt, die mit den gleichen Attributen charakterisiert werden. Die Analyse verschiedener Teilbestände auf Basis der gleichen Datenquelle liefert Ergebnisse, die aufgrund der gleichen Erfassungsmethodik für verschiedene Bestände gut vergleichbar sind. Als Datenquelle wurden hier ALB und ALK für den Bestand „Kernstadt“ bzw. „Ortsteile“ genauer untersucht.
Vergleichend wurden vier Städte in Baden Württemberg inklusive ihrer Ortsteile untersucht. Auswahlkriterien für die Städte waren:

- eine annähernd gleiche Größe gemessen an der Einwohnerzahl
- die Bearbeitung der ALB/ALK Daten mit dem GIS INGRADA™, was die Auswertung der Daten nach einem einheitlichen Verfahren ermöglichte
- Lage möglichst in Nord-Baden
- die Bereitschaft, die Daten zur Auswertung zur Verfügung zu stellen

6.1.1 Analyse ALB Daten: Nutzungsstruktur Gebäude

Resultierend aus der Auswertung des ALB's läßt sich zunächst eine Gebäudenutzungsstruktur der Städte erstellen. Interessant ist zunächst vor allem die Verteilung von Wohn- zu Nichtwohngebäuden.
Die Nutzungsklassenverteilung ist, wie bereits vorgestellt, ein wesentliches Kriterium zur Bildung von Teilbeständen. In der Datenbank sind derzeit 63.113 Gebäudeeinheiten in ihrer Nutzung über das ALB erfaßt. Diese verteilen sich auf vier Städte inklusive ihrer Ortsteile. Mit Hilfe solcher Untersuchungen in definierten Teilbeständen (Ortsteile), läßt sich die Nutzungsklassenverteilung im Allgemeinen genauer bestimmen.
Abgesehen von Mühlacker weisen die Städte einen etwa gleich großen Gebäudebestand auf (s. Abb. 6.1: S. 145). Die Standardabweichung der Verteilung der Wohn- und Nichtwohngebäude in den Städten liegt nur bei etwa 5% (s. Abb. 6.2: S. 145).

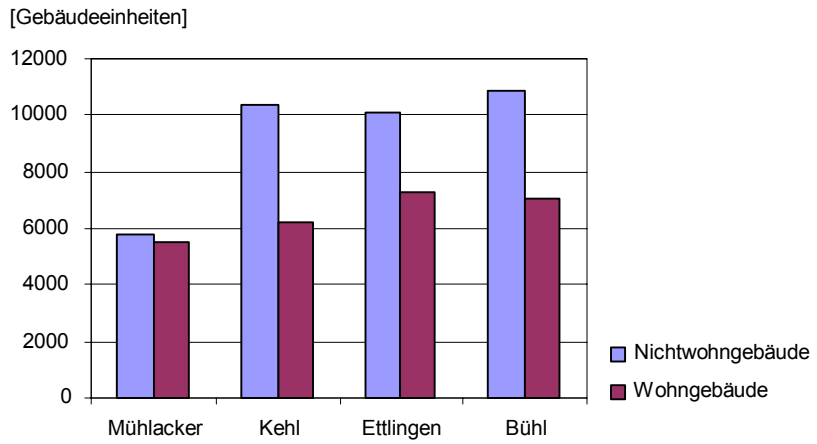


Abb. 6.1: Nutzungsklassenverteilung der vier Städte incl. Ortsteile

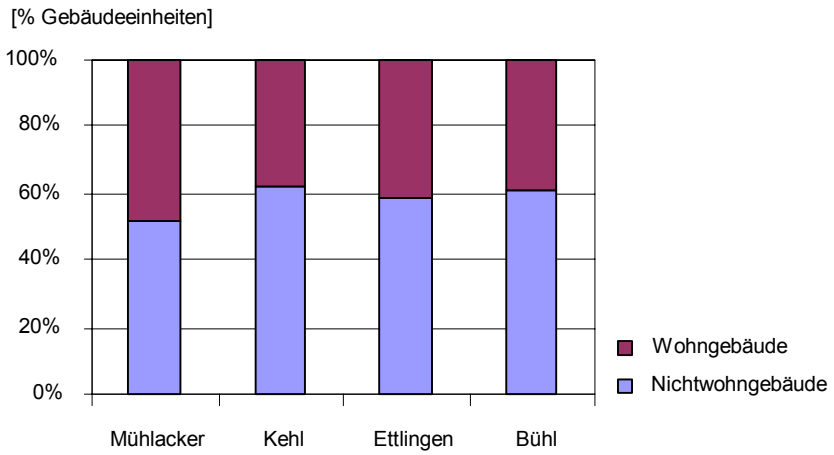


Abb. 6.2: Prozentuale Nutzungsklassenverteilung der vier Städte incl. Ortsteile

Es hat sich gezeigt, daß der Anteil an Garagen bei der Auswertung nach Gebäudeeinheiten innerhalb der Nichtwohngebäude erheblich ist. Nimmt man diese aus der Auswertung, so stellen die Wohngebäude den größeren Anteil am Gesamtbestand (s. Abb. 6.3: S. 146).

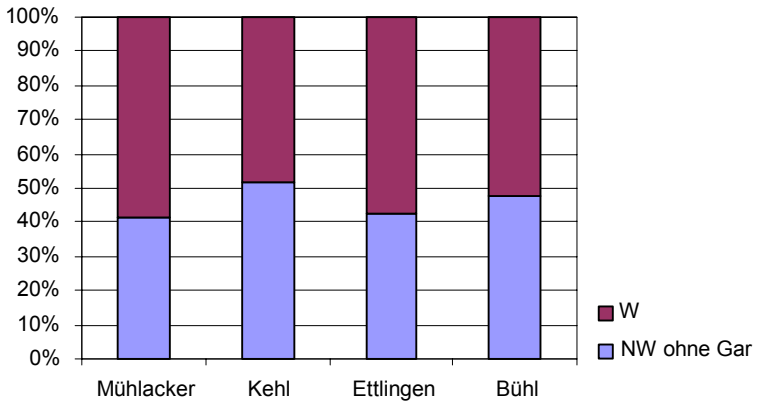


Abb. 6.3: Nutzungsklassenverteilung der vier Städte incl. Ortsteile ohne Garagen

Auf die Standardabweichung und die Varianz hat die Betrachtung mit oder ohne Garagen keine signifikante Auswirkung (s. Tab. 6.1: S. 146).

	NW	W	NW ohne Gar	W
Mühlacker	51,15%	48,85%	41,20%	58,80%
Kehl	62,53%	37,47%	51,69%	48,31%
Ettlingen	58,22%	41,78%	42,79%	57,21%
Bühl	60,62%	39,38%	47,90%	52,10%
Mittelwert	58,13%	41,87%	45,89%	54,11%
Varianz	0,19%	0,19%	0,17%	0,17%
Standardabw.	4,31%	4,31%	4,16%	4,16%

Tab. 6.1: Prozentualer Mittelwert, Varianz und Standardabweichung
(s. Abb. 6.2: S. 145)

Daraus läßt sich ablesen, daß die Verteilung der Wohngebäudeeinheiten zwischen 37,5 und 48,8%, und der Anteil an Nichtwohngebäudeeinheiten entsprechend zwischen 51,2 und 62,5% liegt. Hier zeigt sich zum einen eine relativ homogene Struktur der vier Kleinstädte, und zum anderen auch die Relevanz der Nichtwohngebäude im Bestand.

Bei der Betrachtung der Kernstadt Ettlingen sowie ihrer Ortsteile wird deutlich, daß sich dieses Verhältnis auch bei sehr unterschiedlichen Gesamtgrößen der Ortsteile, die wesentlich kleiner sind als die Kernstadt Ettlingen, nicht mehr wesentlich ändert. Das gleiche Ergebnis zeigt sich bei der Stadt Bühl, die auch noch hinsichtlich der Ortsteile untersucht wurde (s. Anhang 3: Datenanalyse , S. 277).

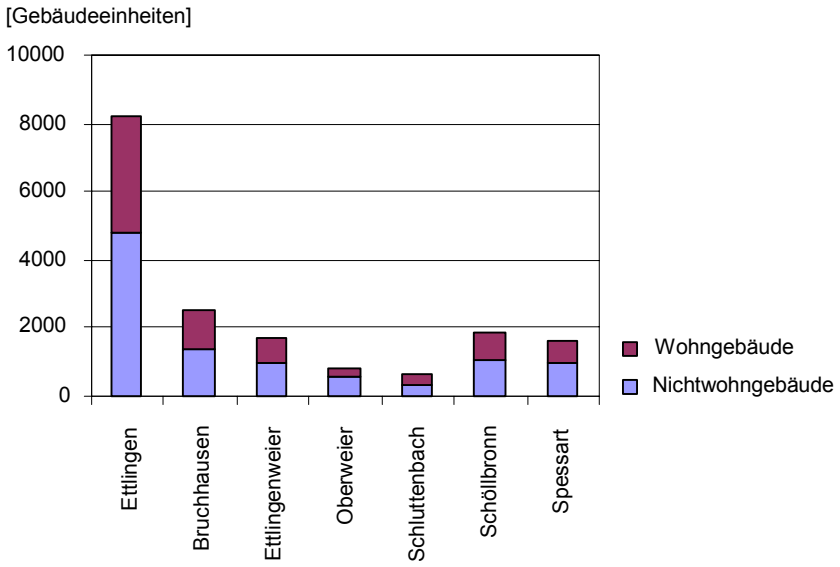


Abb. 6.4: Nutzungsklassenverteilung für Ettlingen und Ortsteile
(s. Tab. 6.1: S. 146)

In der folgenden Graphik wird deutlich, daß die prozentuale Verteilung der Wohn- und Nichtwohngebäude zwischen den Orten (incl. Ortsteile) nur geringfügig variiert. Wohngebäude von 35,4% bis 46,5% und Nichtwohngebäude von 53,5% bis 64,6% (s. Abb. 6.5: S. 147). Im Gegensatz zu den Gesamtorten wird dieses Verhältnis jedoch erheblich variabler, wenn die Garagen aus der Betrachtung eliminiert werden (s. Abb. 6.6: S. 148).

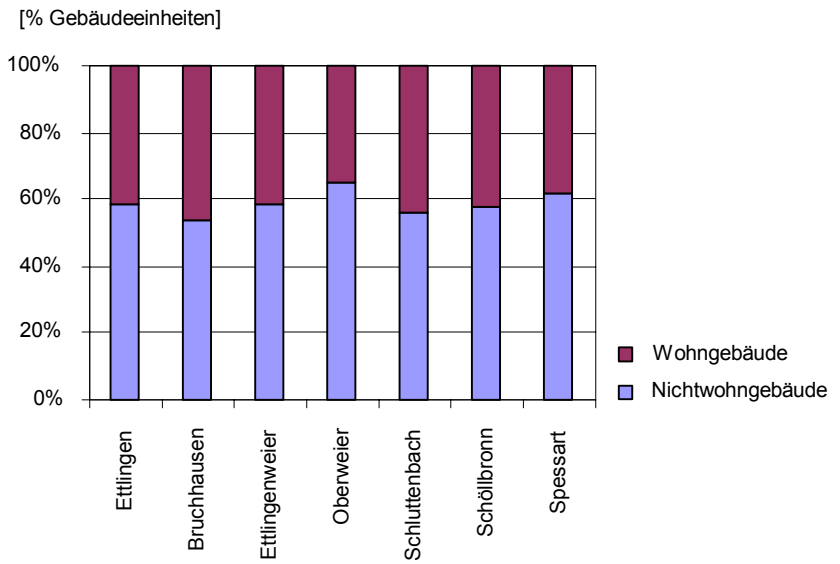


Abb. 6.5: Prozentuale Nutzungsklassenverteilung für Ettlingen und Ortsteile

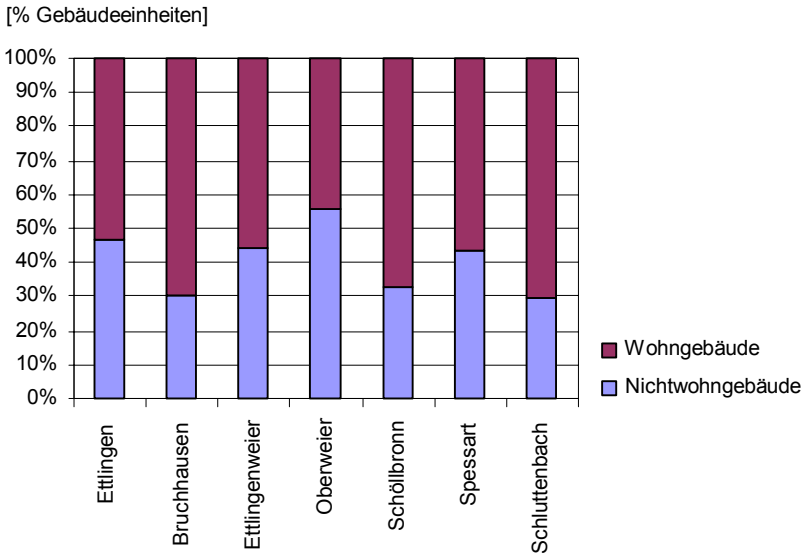


Abb. 6.6: Prozentuale Nutzungsklassenverteilung für Ettlingen und Ortsteile ohne Garagen (s. Tab. A3.4: S. 279)

Bei der Betrachtung der Nutzungsverteilung der vier Städte nach den sechs Nutzungsklassen gemäß StaBu, läßt sich schon eine differenziertere Nutzungsstruktur ablesen (s. Abb. 6.7: S. 148).

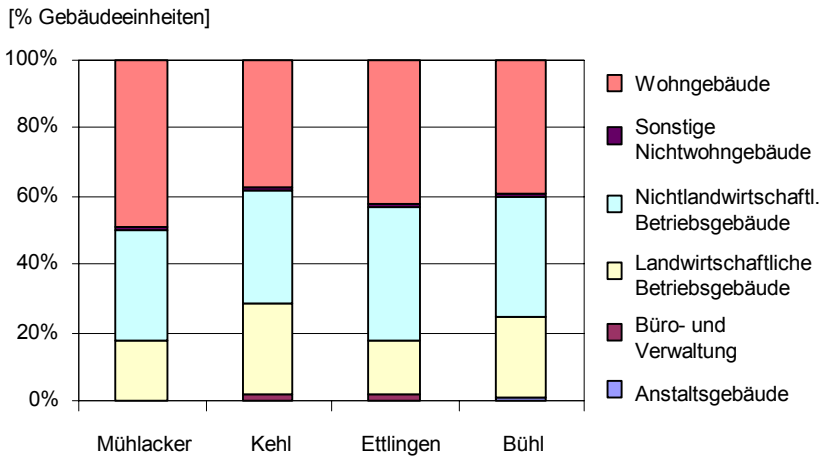


Abb. 6.7: Prozentuale Nutzungsklassenverteilung (s. Tab. 6.2: S. 149)

Die größte Standardabweichung ist hier bei den Wohn- und den Landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden zu beobachten. Die Klassen der Anstaltsgebäude, Büro- und Verwaltungsgebäude sowie der Sonstigen Nichtwohngebäude sind allerdings so klein, daß sie für diese Betrachtung kaum signifikante Aussagen innerhalb der Klassen zulassen.

	W	A	B&V	L	NLB	SO
Bühl	39,4	1,0	0,1	23,7	34,8	1,1
Ettlingen	41,8	0,1	2,0	15,6	39,5	1,1
Kehl	37,5	0,1	1,6	27,0	32,9	1,0
Mühlacker	48,8	0,1	0,4	17,1	32,4	1,2
Minimum	37,5	0,1	0,1	15,6	32,4	1,0
Maximum	48,8	1,0	2,0	27,0	39,5	1,2
Mittelwert	41,9	0,3	1,0	20,8	34,9	1,1
Varianz	18,6	0,2	0,6	21,9	7,8	0,0
Standardabweichung	4,3	0,4	0,8	4,7	2,8	0,1

Tab. 6.2: Prozentuale Analyse der Gebäudeeinheiten nach Nutzungsklassen

Die gleiche Betrachtung bei der Stadt Ettlingen und den dazugehörigen Ortsteilen zeigt erste, prinzipielle Strukturunterschiede - die Ortsteile sind stärker landwirtschaftlich geprägt und verfügen kaum über Büro- und Verwaltungsgebäude. Vergleicht man Bühl mit seinen Ortsteilen, so ist auch hier zu beobachten, daß die Klasse der Büro- und Verwaltungsgebäude nur in der Kernstadt in Erscheinung tritt (s. Abb. 6.8: S. 149). Der Anteil der Landwirtschaftlichen Betriebsgebäude beim Ortsteil Unzhurst ist mit 43,6% sehr hoch (s. Tab. 6.3: S. 150). Dies allein bedeutet aber nicht notwendigerweise, daß dieser Ort auch heute noch stark landwirtschaftlich geprägt ist, was die Erwerbsstruktur der Einwohner anbelangt. Dies wäre im weiteren anhand einer Statistik zu prüfen, da die Gebäude auch überwiegend ungenutzt sein könnten.

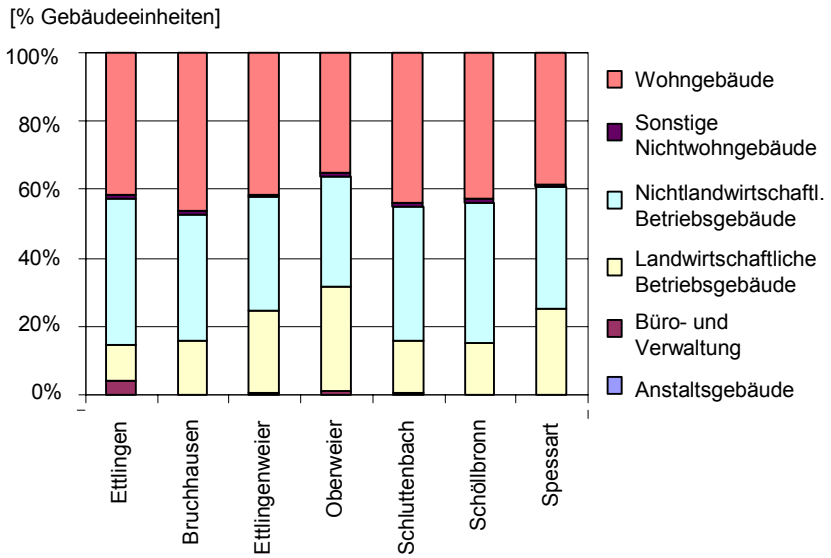


Abb. 6.8: Prozentuale Verteilung der Nutzungsklassen für Ettlingen und Ortsteile
(s. Tab. 6.2: S. 149)

	W	A	B&V	L	NLB	SO
Ettlingen	41,4	0,1	3,7	10,8	42,6	1,4
Bruchhausen	46,5	0,0	0,2	15,3	37,2	0,8
Ettlingenweier	41,4	0,0	0,7	24,0	33,1	0,9
Oberweier	35,4	0,0	1,5	30,0	32,4	0,7
Schluttenbach	44,1	0,0	0,5	15,2	39,0	1,1
Schöllbronn	42,6	0,1	0,1	15,2	40,8	1,2
Spessart	38,4	0,0	0,2	25,0	35,8	0,6
Bühl	41,0	1,3	0,2	18,6	37,5	1,3
Altschweier	39,7	0,4	0,2	32,9	26,2	0,7
Balzhofen	39,5	0,5	0,0	22,2	36,9	0,9
Eisental	40,2	0,6	0,0	23,1	35,0	1,1
Moos	35,0	0,7	0,0	33,3	30,2	0,7
Neusatz	37,5	0,8	0,2	32,3	28,1	1,2
Oberbruch	33,6	1,5	0,0	25,6	38,6	0,7
Oberweier	37,7	0,6	0,0	23,7	37,3	0,6
Vimbuch	41,7	1,1	0,0	13,1	43,3	0,8
Weitenung	45,6	0,2	0,0	24,0	29,4	0,8
Ottersweier	37,5	1,2	0,2	21,0	38,9	1,2
Unzhurst	32,5	0,5	0,1	43,6	22,2	1,1
Minimum	32,5	0,0	0,0	10,8	22,2	0,6
Maximum	46,5	1,5	3,7	43,6	43,3	1,4
Mittelwert	39,5	0,5	0,4	23,6	35,0	0,9
Varianz	14,0	0,2	0,7	64,3	30,5	0,1
Standardabweichung	3,7	0,5	0,9	8,0	5,5	0,2

Tab. 6.3: Prozentuale Analyse der Gebäudeeinheiten innerhalb der Nutzungsklassen von Ettlingen und Bühl sowie deren Ortsteile

Die Verteilung der Gebäudeeinheiten auf die Nutzungsklassen macht deutlich, daß für Städte dieser Größenordnung bei weiteren Untersuchungen, bei denen die Menge der Gebäudeeinheiten relevant ist, nur drei Klassen genauer betrachtet werden müssen: die Landwirtschaftlichen Betriebsgebäude, die Nichtlandwirtschaftlichen Betriebsgebäude sowie die Wohngebäude (s. Abb. 6.9: S. 151). Dies würde in jedem Fall für Stoffstromuntersuchungen gelten. Untersuchungen hinsichtlich des Energiebedarfs bedürften weiterer Kenntnisse, z. B. über den Anteil der beheizten landwirtschaftlichen Betriebsgebäude; hier könnten Büro- und Verwaltungsgebäude, sowie sonstige Nichtwohngebäude mit einem hohen Installationsaufwand wiederum eine relevante Größe sein.

Bilden strukturelle Phänomene hinsichtlich der Infrastruktur das Untersuchungsziel, so wird die Zusammensetzung der Anstalts- und Sonstigen Nichtwohngebäude genauer zu betrachten sein, auch wenn diese in der Gesamtheit, was die Menge anbelangt, nur von untergeordneter Bedeutung sind.

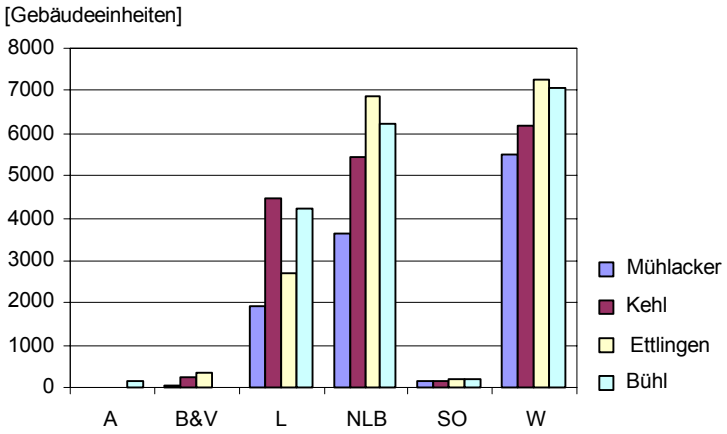


Abb. 6.9: Nutzungsklassenverteilung nach Gebäudeeinheiten absolut, incl. Ortsteile

6.1.2 Analyse ALK: Nutzungsstruktur Flurstücke

Mittels der ALK kann eine Nutzungsstruktur der Bodenflächen der Ortsteile ermittelt werden, da jedes Flurstück in seiner Größe und mit einem Nutzungsschlüssel erfaßt ist. Die Flächennutzung zu ermitteln hat jedoch gesamtheitlich eher einen statistischen Zweck - Aussagen über die Bebauung sind nur eingeschränkt möglich und nur wenige Flächennutzungsschlüssel sind dabei zu betrachten; prinzipiell sind dies die Siedlungsflächen und die zu ihrer Erschließung benötigten Verkehrsflächen. Die Flächenermittlungen der Verkehrsfläche über den Nutzungsschlüssel und die Flurstücksgröße ist für diese Analyse nur bedingt heranzuziehen, da sie, je nach Gemarkungsgrenzen, auch Flächen für Bundesstraßen und Autobahnen beinhalten kann. Durch den Zuschnitt der Flurstücke kann oft nicht die ausschließlich der Siedlungsfläche zugeordnete Verkehrsfläche ermittelt werden (s. Abb. 6.10: S. 152).

Die Auswertung nach Siedlungs-, Verkehrs- und Landschaftsflächen ist sehr stark durch die Größe der Gemarkung geprägt, wobei sie - bedingt durch den generell hohen Anteil der Landschaftsfläche - zu relativ geringen Standardabweichungen der einzelnen Flächenklassen führt. Die Standardabweichung liegt zwar höher, wenn man sich bei der Betrachtung auf Siedlungs- und Verkehrsflächen beschränkt, aber die Aussage wird signifikanter, da der Anteil der Landschaftsfläche sehr stark von der Gemarkungsgröße bestimmt wird, die keinerlei Rückschlüsse über die Größe der Siedlungsfläche zuläßt.

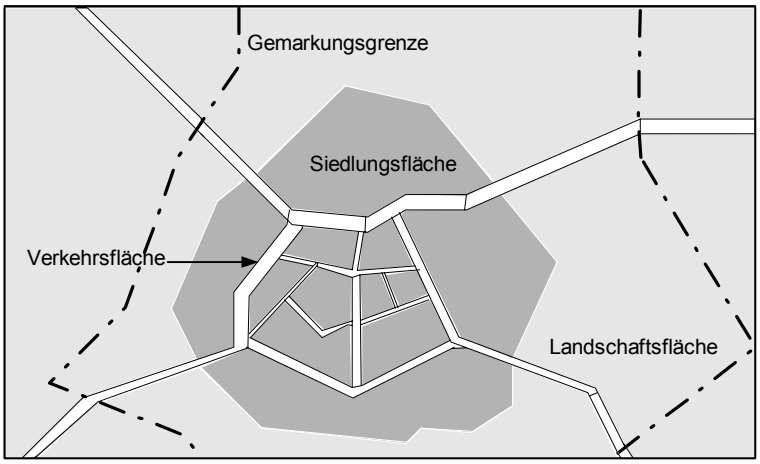


Abb. 6.10: Flächenanalyse, Problem der Flurstücksbegrenzung „Verkehr"

	Siedlungsfläche	Verkehrsflächen	Landschaftsflächen
Ettlingen	16,9	7,6	75,5
Bruchhausen	22,6	9,3	68,1
Ettlingenweier	14,2	8,7	77,0
Oberweier	9,7	3,4	86,9
Schluttenbach	14,4	3,5	82,1
Schöllbronn	9,3	3,9	86,8
Spessart	12,3	2,9	84,9
Minimum	9,3	2,9	68,1
Maximum	22,6	9,3	86,9
Mittelwert	14,2	5,6	80,2
Varianz	18,0	6,7	41,7
Standardabweichung	4,2	2,6	6,5

Tab. 6.4: Flächennutzung von Ettlingen und Ortsteilen in 1000 m², (Flächendefinitionen (s. Tab. A2.2: S. 270)**)**

Mittels eines GIS läßt sich die durch Gebäude überbaute Fläche innerhalb der Siedlungsflächen bestimmen. Die Relation von der durch Gebäude überbauten Fläche zur freien Siedlungsfläche läßt immerhin Rückschlüsse auf eine Bebauungsdichte zu. Bei dieser Analyse konnten zwei potentielle Fehlerquellen identifiziert werden; einerseits lassen sich aufgrund von fehlerhaften Objektdefinitionen der Gebäude innerhalb der ALK nicht alle bebauten Flächen ermitteln und andererseits ist der Stand, der in der ALK eingetragenen Bebauung meist nicht so aktuell, wie der tatsächliche Bestand bzw. der Bestand im ALB. Das führt in beiden Fällen zu einer geringeren überbauten Fläche, d. h. in der Realität wird diese etwas höher liegen. Es ist zu beachten, daß die bebaute Fläche (BF) *nicht* mit der tatsächlich versiegelten Fläche gleichzusetzen ist, da dann auch die durch

Straßen, Zufahrten und Plätze versiegelte Fläche miteinbezogen werden muß. Diese läßt sich auf Basis der ALK jedoch nicht feststellen.

	Siedlungsfläche	Verkehrsflächen
Ettlingen	69,0	31,0
Bruchhausen	71,0	29,0
Ettlingenweier	61,9	38,1
Oberweier	74,2	25,8
Schluttenbach	80,7	19,3
Schöllbronn	70,3	29,7
Spessart	81,0	19,0
Minimum	61,9	19,0
Maximum	81,0	38,1
Mittelwert	72,6	27,4
Varianz	39,2	39,2
Standardabweichung	6,3	6,3

Tab. 6.5: Prozentuale Verteilung der Siedlungs- und Verkehrsflächen in Ettlingen und Ortsteilen, (Flächendefinitionen (s. Tab. A2.2: S. 270)**)**

Über geeignete Schnittstellen ließen sich hier Verbindungen zu Fernerkundungsdaten herstellen, die auf Rasterbasis versiegelte Flächen erfassen. Bei einer Übertragung auf parzellenscharfe Darstellungen aus ALK-Daten könnten die versiegelten Flächen nach Gebäude und verschiedenen sonstigen Versiegelungsgraden getrennt ausgewiesen werden.

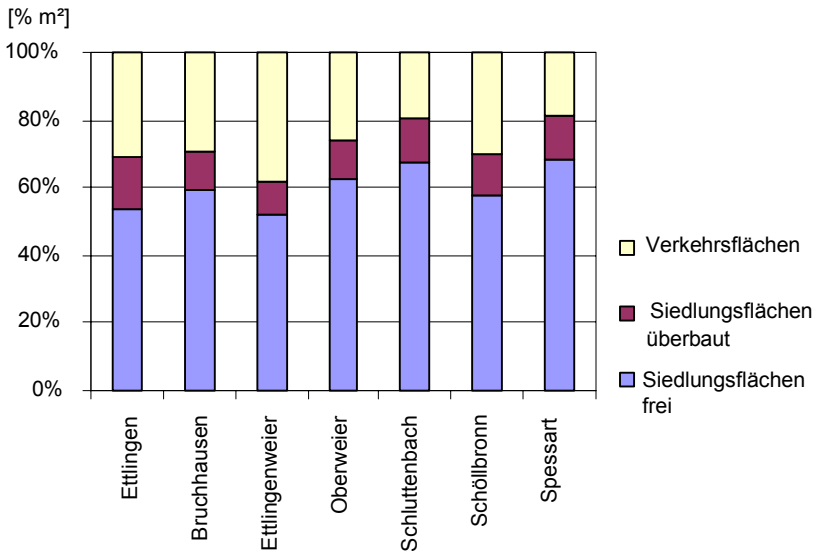


Abb. 6.11: Prozentuale Flächennutzung in Ettlingen und Ortsteilen (s. Tab. A3.10: S. 285)

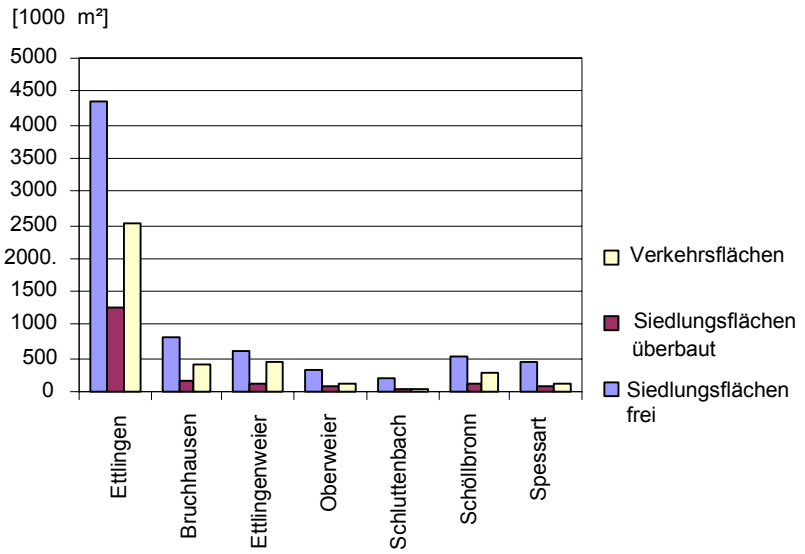


Abb. 6.12: Siedlungs- und Verkehrsflächen in Ettlingen und Ortsteilen
(s. Tab. A3.10: S. 285)

Die prozentuale Verteilung der Flächen zeigt auch hier im Verhältnis zu den absoluten Flächen nicht die entsprechende Signifikanz, die der Gesamtflächenunterschied aufweist (s. Abb. 6.11: S. 153), (s. Abb. 6.12: S. 154).

	Siedlungsflächen frei	**Siedlungsflächen bebaut**
Ettlingen	77,5	22,5
Bruchhausen	83,9	16,1
Ettlingenweier	83,5	16,5
Oberweier	84,5	15,5
Schluttenbach	83,9	16,1
Schöllbronn	82,6	17,4
Spessart	84,3	15,7
Minimum	77,5	15,5
Maximum	84,5	22,5
Mittelwert	82,9	17,1
Varianz	5,3	5,3
Standardabweichung	2,3	2,3

Tab. 6.6: Prozentuale Flächenanalyse der Siedlungsflächen in Ettlingen und Ortsteilen

Läßt man die Verkehrsfläche, die aufgrund der Lage der Ortsgrenzen das Verhältnis verzerrt, nun ebenfalls außer acht, so läßt sich ebenfalls unabhängig von der Größe der Gemarkungsfläche ein relativ homogenes Verhältnis zwischen der freien und überbauten Siedlungsfläche feststellen (s. Abb. 6.14: S. 155).

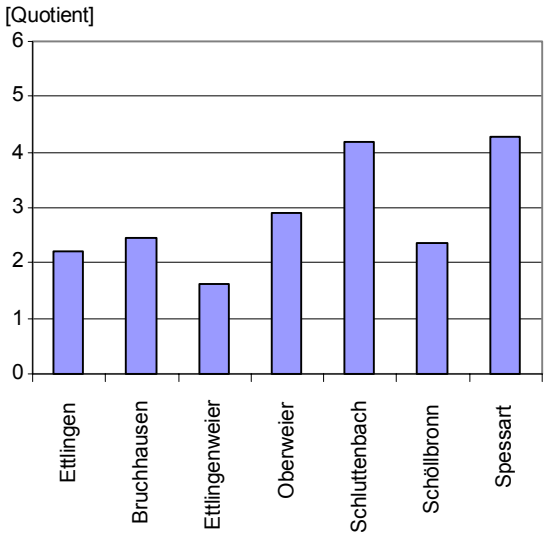


Abb. 6.13: Verhältnis der Siedlungsflächen zu den Verkehrsflächen in Ettlingen
(s. Tab. 6.6: S. 154)

Das Verhältnis Siedlungsfläche zu Verkehrsfläche ist deutlich heterogener als das Verhältnis der bebauten zu der freien Siedlungsfläche. Hier wird auch deutlich, daß die Kernstadt Ettlingen wesentlich dichter bebaut ist als die Ortsteile. Auf diese Weise lassen sich schon unterschiedliche Flächenstrukturtypen der Ortsteile bestimmen.

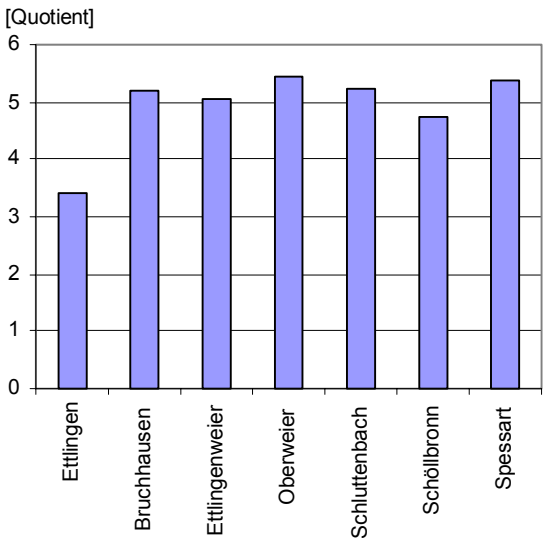


Abb. 6.14: Verhältnis der freien zur bebauten Siedlungsfläche in Ettlingen
(s. Tab. 6.6: S. 154)

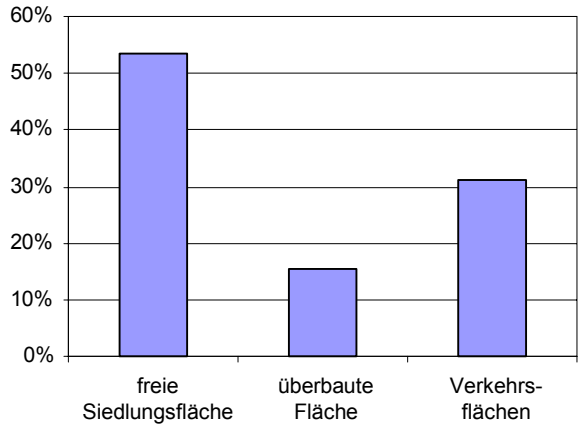


Abb. 6.15: Flächennutzung Ettlingen Kernstadt

Die Nutzungsklassifizierung der Flurstücke alleine läßt allerdings keine definitiven Rückschlüsse auf die Bebauung zu. Dies liegt zum einen an der unterschiedlichen Anzahl der Gebäude je Flurstück, zum anderen auch an der unterschiedlichen Nutzung der auf dem Grundstück stehenden Gebäude (s. Abb. 5.6: S. 130). Die Beziehung der Flurstücknutzungsschlüssel zu den darauf befindlichen Gebäuden wurde nicht genauer analysiert.

Daß schon die Anzahl der auf den Grundstücken stehenden Gebäude stark variieren kann, läßt sich an der Analyse von Ettlingen verdeutlichen. Hier werden die Gebäudeeinheiten pro Flurstück aufgetragen und die Häufigkeit, wie oft diese Konstellation in der Gemarkung Ettlingen auftritt.

Geb.einh./Flstk	Häufigkeit		Geb.einh./Flstk	Häufigkeit
1	2159		16	2
2	1176		17	1
3	270		18	1
4	148		20	1
5	33		21	1
6	43		32	1
7	10		34	1
8	13		36	1
9	8		42	1
10	11		44	1
11	3		45	2
12	8		65	1
13	1		72	1
15	4			

Tab. 6.7: Gebäudeeinheiten pro Flurstück für Ettlingen Kernstadt

6.2 Bestandsanalyse durch verschiedene Datenquellen

Die Bestandsanalyse mit Hilfe der Überlagerung verschiedener Datenquellen wird ausschließlich am Beispiel der Stadt Ettlingen gezeigt.
Systembestimmende Grenze ist die Gemarkungsgrenze der Kernstadt Ettlingen ohne Ortsteile, d. h., alle innerhalb liegenden Gebäude bilden die Menge der Systemelemente. Zu der Bildung von Teilbeständen gehört mindestens eine quantitative Angabe zu der Bestimmung des Grundsystems. Diese wird mit der Einheit „Gebäudeeinheit" bestimmt.
Zeitlich ist aufgrund der Verfahren, wie die Aktualisierung der Datenquellen stattfindet, kein exakter, mit der Realität zu einem bestimmten Zeitpunkt übereinstimmender Bestand festzulegen. Da die Datenquelle für die Ermittlung der Nutzungsstruktur und auch der Elemente des Bestandes das ALB bildet, wird der Bestand im ALB als aktueller Bestand festgelegt. Dieser entspricht in etwa dem Bestand von 1995.

Aufgrund der bereits beschriebenen Vorteile der Attribute, soll dieser Bestand in Teilbestände nach Alters- und Nutzungsklassen mengenmäßig ermittelt werden. Die Auswertung aus dem ALB ermöglicht hier direkt eine Unterteilung in Teilbestände. Hier ist der gesamte Baubestand verzeichnet und gebäudeweise mit dem Attribut „Nutzung" versehen.

Es ergibt im allgemeinen keinen Sinn, für eine Strukturanalyse nach dem kompletten Nutzungsschlüssel auszuwerten. Für eine weitere Bearbeitung ist die Zusammenfassung in Nutzungsklassen erforderlich. Hierbei wurden mittels der Transformationstabelle die Bestandsdaten auf die Einteilung nach Statistischem Bundesamt übertragen (s. Abb. 6.16: S. 157).

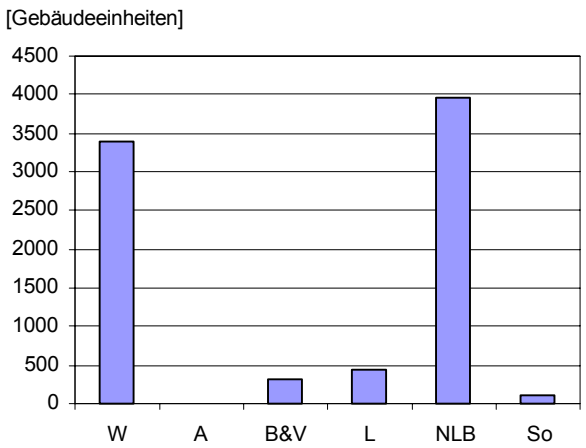


Abb. 6.16: Ergebnis der Klassenverteilung aus der ALB-Auswertung für die Kernstadt Ettlingen (s. Tab. A3.1: S. 277)

Während die Ermittlung der Nutzungsstruktur eines größeren Bestandes über das ALB noch relativ einfach funktioniert, gibt es keine Datenquelle, die eine ähnlich umfangreiche Auswertung der Altersstruktur ermöglicht. Auch wird hier aufgrund sehr unterschiedlicher Stadtentwicklungen und vor allem auch Kriegszerstörungen eine „Vergleichbarkeit" unterschiedlicher Bestände kaum herstellbar sein. Für die Ermittlung der Altersstruktur müssen bei der Bestandsanalyse Daten aus unterschiedlichen Quellen meist mühevoll erhoben und in Bezug zu der Nutzungsstruktur gesetzt werden. Da aber gerade die Altersstruktur für die Ermittlung der stofflichen Zusammensetzung und des Materialmix' im Gebäude sowie die weitere dynamische Modellierung wichtig ist, muß über einen geeigneten Stichprobenumfang [DFG 01] die Alterstruktur ermittelt werden. Mit Hilfe der bereits vorhandenen Teilbestände nach der Nutzungsstruktur, lassen sich die Stichprobenumfänge in Abhängigkeit zu der gewünschten Genauigkeit gut bestimmen.
Ein anderer Weg ist die Überlagerung der en gros vorhandenen Altersdaten. Hierbei wurden noch zwei Wege verfolgt: Zum einen wurden die Gebäude gemäß der vorgegebenen Datierung der vorhandenen Bebauungspläne in Alterstufen klassifiziert, und zum anderen wurden weitere Datenquellen, in denen Gebäudealtersdaten vorhanden waren, für die Ermittlung der Altersstruktur herangezogen.
Es besteht außerdem ein prinzipieller Unterschied, ob nur eine generelle Alterstruktur des Gebäudebestandes ermittelt werden soll, oder ob diese in Verbindung mit der Nutzungsstruktur oder weiteren Merkmalen gesetzt werden muß.

Bei der Überlagerung mehrerer Datenquellen kommt es bedingt durch Zuordnungsprobleme (s. Abb. 5.12: S. 137) immer zu reduzierten Datenmengen; daher sind die Gebäudeeinheiten, die als Grundlage für die Auswertung dienten, immer angegeben und differieren zwischen den einzelnen Analysen.

6.2.1 Stichproben

Die Ermittlung der Struktur eines Bestandes kann unter anderem mittels einer Stichprobe erfolgen. Hier wurde im Rahmen einer DFG-Studie ein Verfahren untersucht, wie Stichproben, die mit einer zuvor festgelegten Wahrscheinlichkeit den Bestand darstellen sollen, ermittelt werden können [DFG 01, BAD 01, BAD 02]. Es wurden für Ettlingens Kernstadt auf Basis der über den Bestand im ALB ermittelten Grundgesamtheit Stichprobenumfänge für Wohngebäude sowie Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude festgelegt. Die Gebäudestichproben, die mittels Zufallsgenerator

ermittelt wurden, wurden dann mit weiteren Daten bei der Feuerversicherung erfaßt. Ziel war die Darstellung der Einheit des Bruttorauminhaltes (BRI) neben der Anzahl der Gebäudeeinheiten. Die Identifikation der Gebäude erfolgte über die Adresse, da die Akten der Feuerversicherung für den Bezirk Baden nach Adressen geordnet war. Dies führte zu den bereits beschriebenen Problemen der Zuordnung, da vor allem bei den Nichtwohngebäuden häufig mehrere Gebäude einer Adresse zugeordnet waren. Erfaßt wurden alle Gebäude, die auf den für die Stichprobe ermittelten Grundstücken stehen, was auch zu Daten einer großen Anzahl von Büro- und Verwaltungsgebäuden sowie von Landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden für weitere Auswertungen führte. Garagen wurden nicht erfaßt, diese wurden auch schon bei der Bestimmung des Stichprobenumfangs nicht berücksichtigt. Bei den Wohngebäuden sollte dann die Struktur hinsichtlich Ein- und Mehrfamiliengebäuden mit einer festgelegten Wahrscheinlichkeit bestimmt werden.
Bei der Stichprobenerhebung wurden alle aus den Feuerversicherungsakten verwendbaren Daten erhoben. Hier finden sich weitere Ergebnisse im Abschnitt über die dynamischen Analysen (s. Kap. 6.4 S. 188).

6.2.1.1 Ergebnisse der Stichprobe „Wohngebäude"

Aufgrund der Identifikationsprobleme sowie teilweise fehlender Akten konnten nicht für alle 612 Wohngebäude, die per Zufallsauswahl bestimmt wurden, Daten erhoben werden. Für das Ergebnis wurde eine 95%ige Wahrscheinlichkeit hinsichtlich der Aussagekraft des Bruttorauminhalts angenommen. Neben Alter und dem Bruttorauminhalt sollte auch die Verteilung zwischen Einfamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern bestimmt werden. Soweit aus ALK und ALB möglich, wurde für die in der Stichprobe erhobenen Gebäudeeinheiten auch noch die bebaute Fläche ermittelt und diese dann dem Bruttorauminhalt in der Altersverteilung gegenübergestellt.

		Geb. Einh. [Anzahl]	BRI [m³]	BF [m²]	Geb. Einh. %	BRI %	BF %
AK_1	-1870	29	27584	2789	5,0%	3,6%	4,0%
AK_2	1871 - 1918	69	91822	8242	11,9%	11,8%	11,8%
AK_3	1919 - 1948	101	95898	9013	17,5%	12,3%	12,9%
AK_4	1949 - 1965	215	256617	25849	37,2%	33,0%	37,1%
AK_5	1966 - 1978	75	165090	12012	13,0%	21,2%	17,2%
AK_6	1979 - 1995	89	139966	11814	15,4%	18,0%	16,9%
Summe		578	776977	69719	100%	100%	100%

Tab. 6.8: **Ergebnis der Wohnungsstichprobe Ettlingen, Vergleich absoluter und prozentualer Anteil der Gebäudeeinheiten sowie des BRI's und der BF,** (s. Tab. A3.34: S. 296),(s. Tab. A3.35: S. 296), (s. Tab. A3.36: S. 297), (s. Tab. A3.37: S. 297)

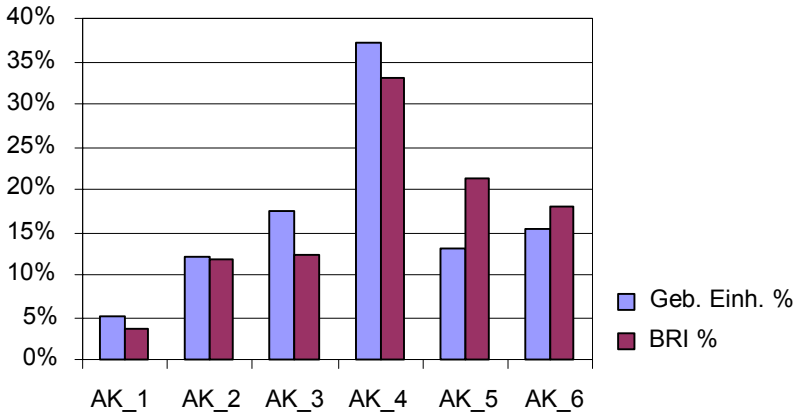


Abb. 6.17: Prozentuale Verteilung der Gebäudeeinheiten und des BRI's der Wohnungsstichprobe nach Altersklassen (s. Tab. 6.8: S. 159)

Bei der prozentualen Gegenüberstellung zeigt diese Stichprobe, daß vor allem in der Altersklasse 5 der Anteil an Mehrfamiliengebäude (MFH) in Relation zu den Einfamilienhäusern (EFH) wesentlich größer sein muß als in den anderen Altersklassen. Während die Anzahl der Gebäudeeinheiten in dieser AK nur einen Anteil von 13% im Bestand der Stichprobe ausmacht, weist sie dagegen einen Anteil von 21% hinsichtlich des BRI's auf. Umgekehrt ist dieses Phänomen in der AK 3 zu beobachten, hier muß der Anteil der Einfamilienhäuser höher liegen. Dies wird bei der detaillierteren Klassifizierung bestätigt (s. Tab. 6.9: S. 160).

[% BRI]	EFH	MFH	B&V	L	NLB
bis 1870	2,86	0,00	0,13	4,12	1,89
1871-1914	6,42	0,29	0,31	1,77	3,93
1915-1945	9,58	0,38	0,19	3,83	1,98
1946-1965	18,4	2,78	0,75	2,65	5,15
1966-1978	6,04	1,25	1	0,29	4,6
ab 1979	8,34	1,82	2,01	0,59	5,01

Tab. 6.9: Prozentuale Verteilung des BRI's aller bei der Wohnungsstichprobe erhobenen Gebäude, Wohngebäude differenziert nach EFH und MFH

Es zeigt sich, daß die prozentuale Verteilung des Bruttorauminhalts und der bebauten Fläche in der Altersverteilung ein homogenes Bild darstellen, d. h., daß hier im Gegensatz zur Anzahl der Gebäudeeinheiten die Altersverteilung auf das jeweils andere Merkmal unter Umständen übertragen werden kann. Das gleiche Bild zeigt sich bei der prozentualen Verteilung der Mittelwerte von BF und BRI (s. Abb. 6.19: S. 161).

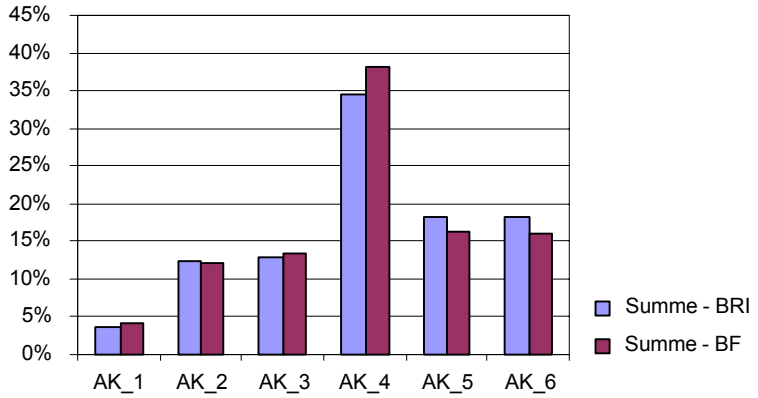


Abb. 6.18: Prozentuale Verteilung der Wohngebäude nach Altersklassen
(s. Tab. 6.8: S. 159)

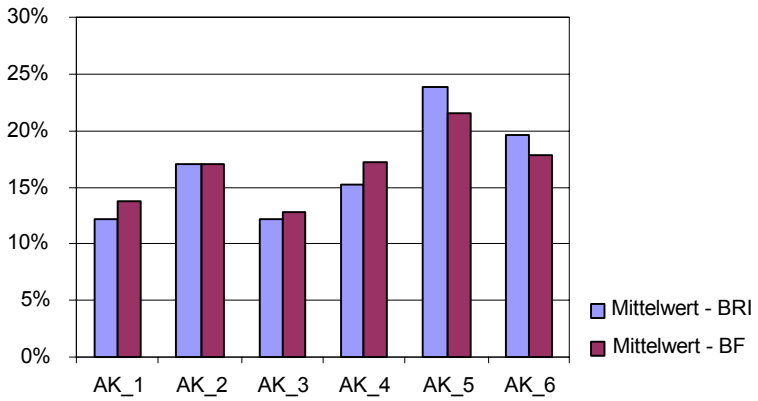


Abb. 6.19: Mittelwerte der Wohngebäude nach Altersklassen,
(s. Tab. A3.35: S. 296), (s. Tab. A3.37: S. 297)

Bei der Wohnungsstichprobe wurden die Gebäude auch nach Einfamiliengebäuden (bis drei Wohneinheiten), Mehrfamiliengebäuden und Hochhäusern (ab sieben Vollgeschossen) unterschieden. In Ettlingen ist hier eine eindeutige Dominanz der Einfamiliengebäude festzustellen. Die Mehrfamiliengebäude treten erst ab AK_4 in Erscheinung (s. Abb. 6.20: S. 162). Während sich die Mittelwerte für BF innerhalb der Haustypen für die Altersklassen kaum unterscheiden, sind bei den Mehrfamiliengebäuden hinsichtlich des BRI's deutliche Unterschiede sichtbar (s. Abb. 6.21: S. 163). Hier zeigt sich, daß in Untersuchungen, bei denen für unbekannte Bestände Kennwerte verwendet werden sollen, im Falle der Wohngebäude die Teilbestände nach Haustypen unterschieden werden sollten, da die Ergebnisqualität dadurch entscheidend verbessert werden kann.

	Gebäudeeinheiten	% Gebäudeeinheiten
EFH	525	90%
MFH	60	10%
Summe	585	100%

Tab. 6.10: Verteilung der Haustypen EFH / MFH innerhalb der Stichprobe

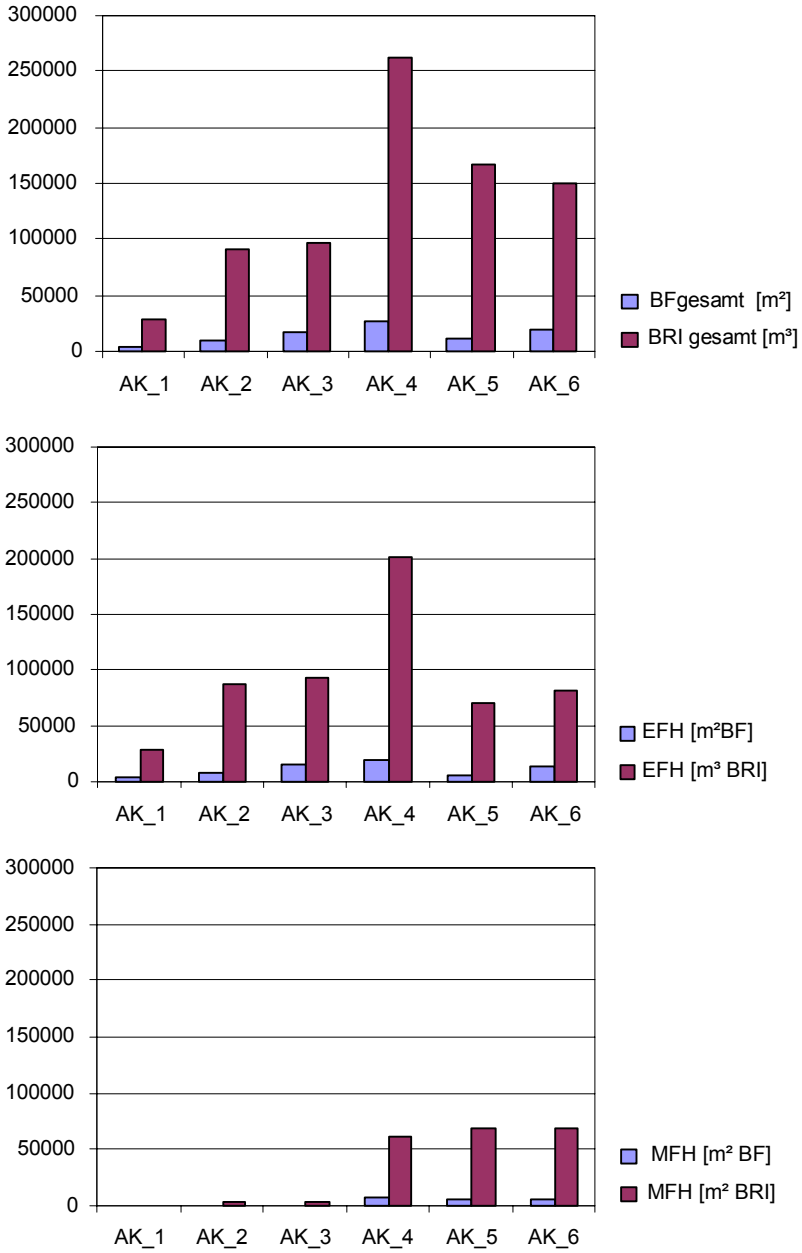


Abb. 6.20: Verteilung von BF und BRI der Wohngebäudestichprobe innerhalb der Altersklassen, ohne Hochhäuser und getrennt nach Einfamiliengebäuden und Mehrfamiliengebäuden
(s. Tab. A3.40: S. 299) bis(s. Tab. A3.49: S. 301)

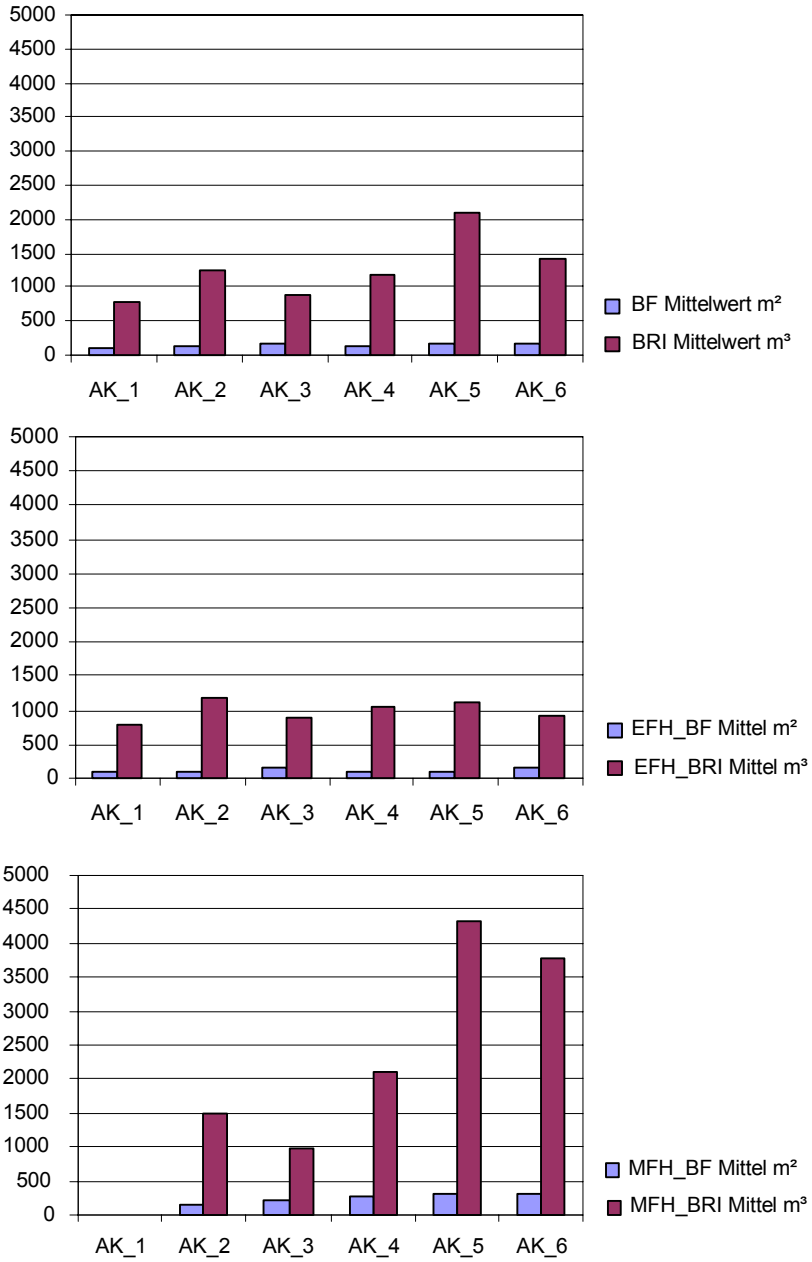


Abb. 6.21: Mittelwerte nach Altersklassen der Wohngebäudestichprobe, ohne Hochhäuser und getrennt nach Einfamiliengebäuden und Mehrfamiliengebäuden
(s. Tab. A3.40: S. 299) **bis** (s. Tab. A3.49: S. 301)

Ein weiteres strukturelles Merkmal ist die Anzahl der Vollgeschosse. Hier zeigt sich ganz deutlich, daß in der AK_5 die Zahl der mehrgeschossigen Gebäude am größten ist - das bestätigt wiederum den bereits erwähnten hohen Anteil an Mehrfamiliengebäuden. Die hohe Anzahl der zweigeschossigen Gebäude in AK_4 weist auf eine hohe Anzahl von Einfamiliengebäuden hin.

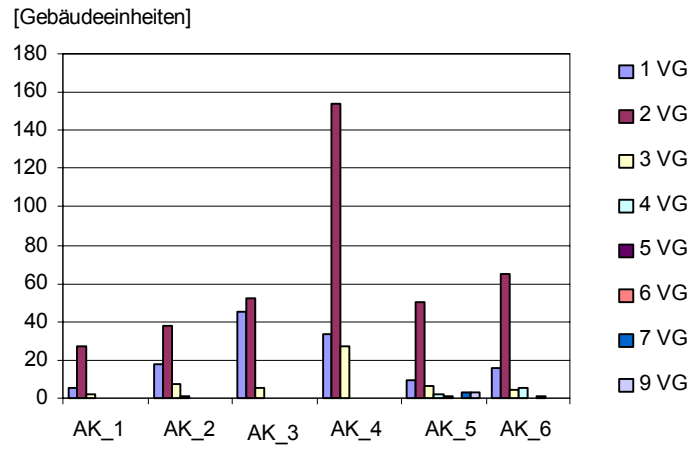


Abb. 6.22: Verteilung der Vollgeschosse nach Altersklassen der Wohngebäudestichprobe (s. Tab. A3.38: S. 298)

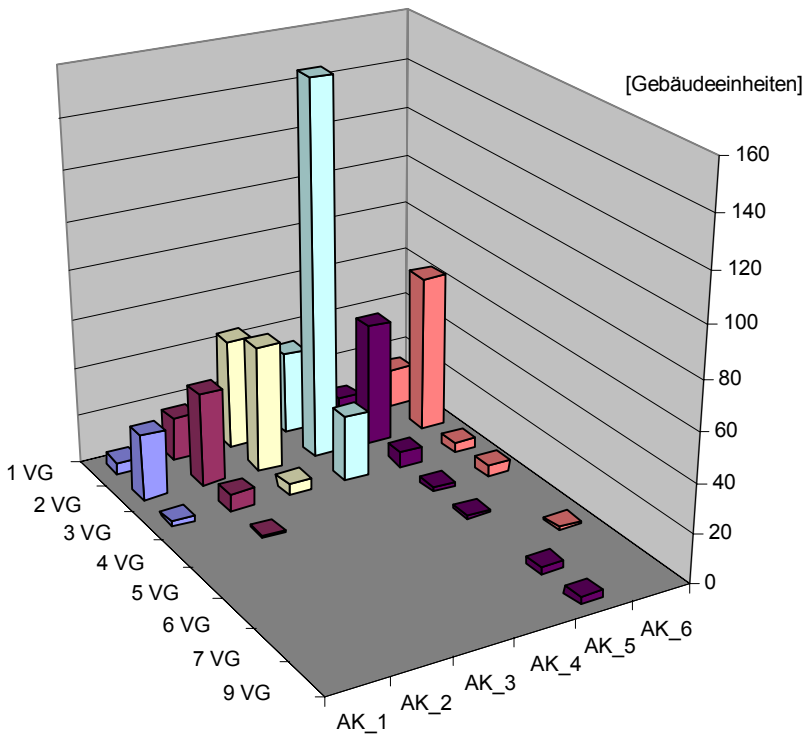


Abb. 6.23: Verteilung der Vollgeschosse auf die Gebäudeeinheiten in den Altersklassen (s. Tab. A3.38: S. 298)

Über die Ermittlung der bebauten Flächen und der Zuordnung zu den Flurstücksgrößen sowie der Anzahl der Vollgeschosse, lassen sich auch die GFZ und GRZ für die einzelnen Altersklassen ermitteln. Hier wird die dichte Bebauung in der AK_1 deutlich, die auch - wie in vielen anderen alten Ortskernen - auffällig in Erscheinung tritt; die wenig dichte Bebauung der AK_3 ist ebenfalls oft zu beobachten.

	GRZ	GFZ
AK_1	0,53	0,81
AK_2	0,32	0,49
AK_3	0,17	0,24
AK_4	0,24	0,39
AK_5	0,31	0,60
AK_6	0,35	0,63

Tab. 6.11: GFZ und GRZ ermittelt auf Basis der Wohgebäude-Stichprobe

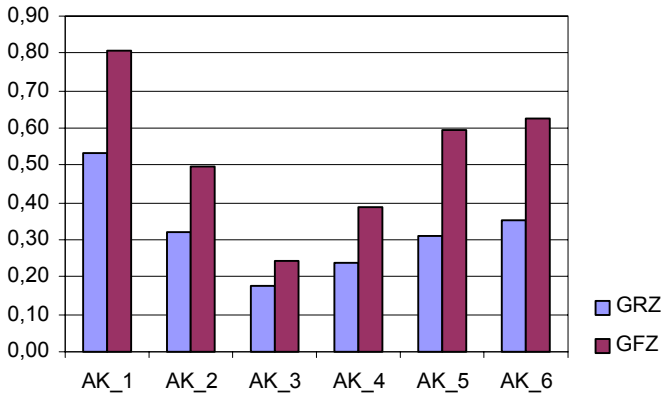


Abb. 6.24: GFZ und GRZ ermittelt auf Basis der Wohgebäude-Stichprobe
(s. Tab. 6.11: S. 165)

In der folgenden Abbildung ist noch einmal unabhängig von den Altersklassen das Altersspektrum der erhobene Wohngebäude in 25-Jahres Intervallen abgebildet (s. Abb. 6.25: S. 165).

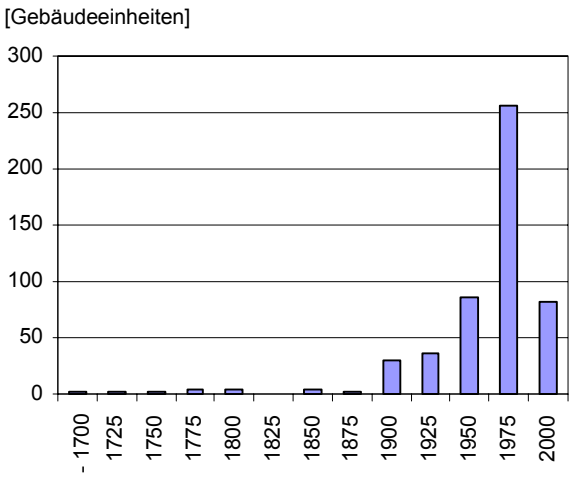


Abb. 6.25: Verteilung der erhobenen Gebäude in 25-Jahr Intervallen

6.2.1.2 Ergebnisse der Stichprobe „Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude“

Bei der Stichprobe der Nichtlandwirtschaftlichen Betriebsgebäude (NLB) wurden unter den gleichen Bedingungen wie bei der Wohngebäudestichprobe 368 Gebäude per Zufallsauswahl bestimmt - aufgrund der Zuordnungsprobleme die im Fall mehrerer Gebäudeeinheiten je Adresse vor allem bei Nichtwohngebäuden auftreten, wurden hier ebenfalls alle Gebäude unter der Adresse erfaßt. Allerdings war bei dieser Stichprobe auch der Aktenbestand nicht so umfangreich. Es wurde daher für 566 Gebäudeeinheiten der Bruttorauminhalt erfaßt. Die Überlagerung mit ALK/ALB zur Ermittlung der BF lieferte nur für 167 Gebäude Ergebisse, die sich eindeutig zuordnen ließen.

[m³] BRI	Anzahl	Min	Max	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.	Summe
AK_1	39	195,0	43043,0	4485,8	52413289,2	7239,7	174946,0
AK_2	122	20,0	23767,0	2882,7	17922563,8	4233,5	351688,0
AK_3	43	39,0	9382,0	1847,2	4640386,7	2154,2	79428,0
AK_4	134	26,0	40775,0	3904,3	39840978,1	6312,0	523174,0
AK_5	114	34,0	37244,0	4380,1	57365377,7	7574,0	499329,0
AK_6	114	22,0	33358,0	4251,5	45480066,4	6743,9	484669,0
Summe	566						2113234,0

Tab. 6.12: Analyse des BRI in m³ aus NLB-Stichprobe

[m²] BF	Anzahl	Min	Max	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.	Summe
AK_1	9	62,7	965,0	258,3	71238,2	266,9	2324,7
AK_2	37	26,0	1518,2	345,0	150004,0	387,3	12766,5
AK_3	21	10,4	819,2	215,2	35430,6	188,2	4520,0
AK_4	45	10,4	1450,3	322,9	141020,3	375,5	14529,3
AK_5	27	14,1	13741,3	1469,8	12311439,1	3508,8	39685,4
AK_6	28	6,0	3070,4	819,1	734805,2	857,2	22934,7
Summe	167						96760,5

Tab. 6.13: Analyse der BF in m² aus der NLB-Stichprobe

Im Gegensatz zu dem Teilbestand der Wohngebäude, ist das prozentuale Verhältnis zwischen BF und BRI bei NLB nicht gleichwertig. Dies liegt vor allem in den unterschiedlichen Raumhöhen der einzelnen Vollgeschosse begründet, sowie in den eingeschossigen Lagerhallen, die im Verhältnis zu ihrem BRI auch eine hohe BF besitzen. Hier bildet die Zahl der Gebäudeeinheiten das Verhältnis der Altersklassen weit besser ab (s. Abb. 6.28: S. 167). Inwieweit dieses Phänomen bei unterschiedlicher Nutzungsverteilung innerhalb dieser Klasse verallgemeinerbar ist, müßte durch weitere Untersuchungen belegt werden.

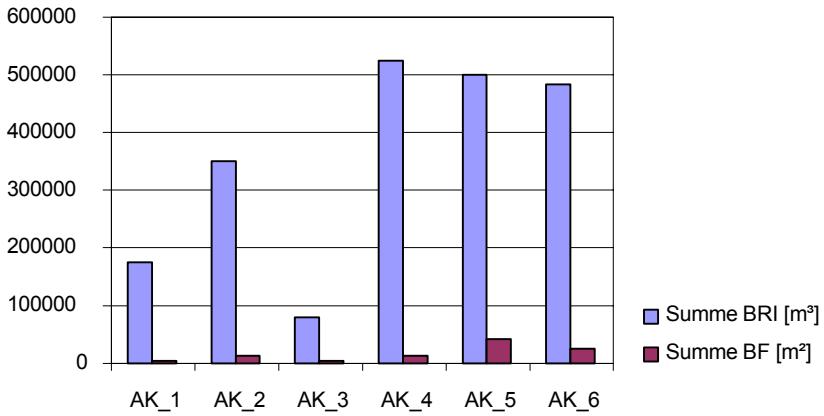


Abb. 6.26: Verteilung BRI und BF nach Altersklassen aus NLB-Stichprobe
(s. Tab. 6.12: S. 166), (s. Tab. 6.13: S. 166)

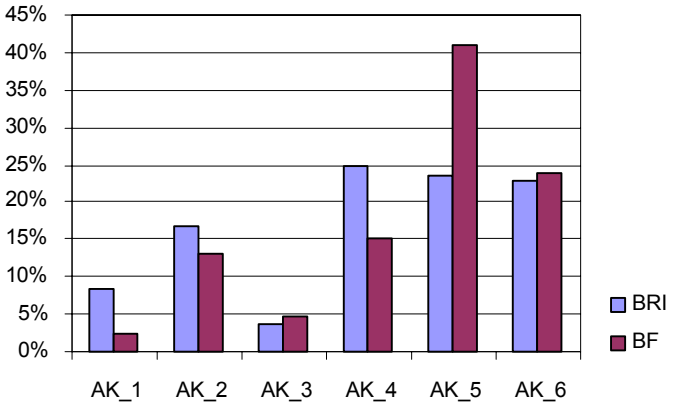


Abb. 6.27: Prozentuale Verteilung von BRI und BFaus NLB-Stichprobe
(s. Tab. 6.12: S. 166), (s. Tab. 6.13: S. 166)

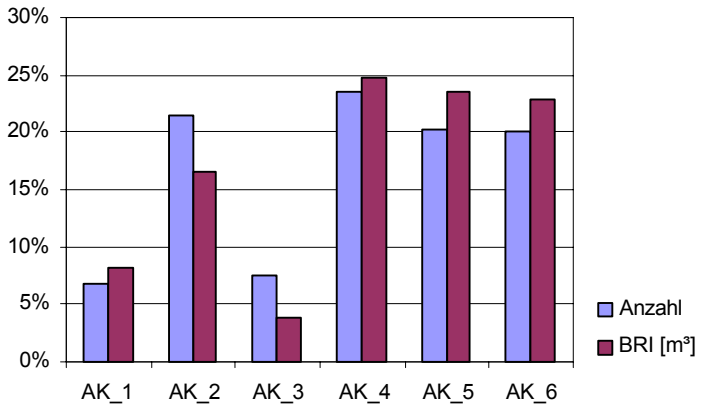


Abb. 6.28: Prozentuale Verteilung Anzahl [Geb.einh.] und BRI aus NLB-Stichprobe
(s. Tab. 6.14: S. 168)

Baujahr	Anzahl	BRI [m³]	Anzahl	BRI [m³]
AK_1	39	174946	7%	8%
AK_2	122	351688	22%	17%
AK_3	43	79428	8%	4%
AK_4	134	523174	24%	25%
AK_5	115	499337	20%	24%
AK_6	114	484669	20%	23%

Tab. 6.14: Anzahl [Geb.einh.] und BRI prozentual aus NLB-Stichprobe

Bei der Verteilung der Vollgeschosse innerhalb der Altersstruktur wird deutlich, daß abgesehen von der AK_1 die Anzahl der Gebäude mit nur einem Vollgeschoß um die 80% liegt. Das weist auf einen hohen Anteil an Lagerhallen hin, was sowohl das Verhältnis BF zu BRI, wie auch Anteil Gebäudeeinheiten zu BRI bestätigt.

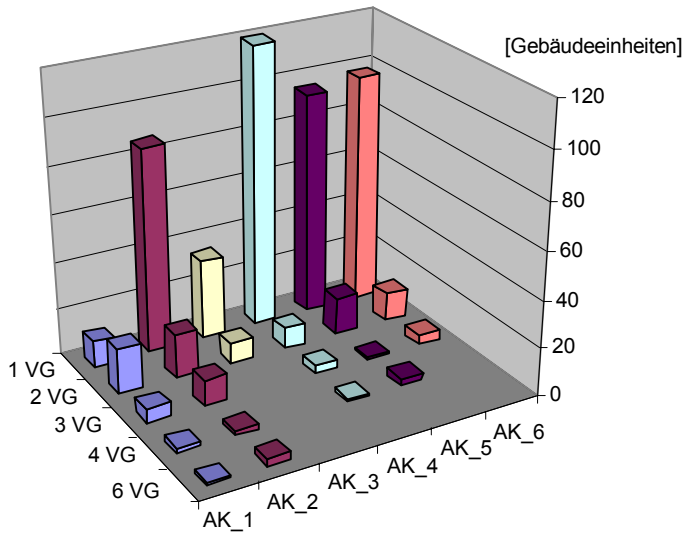


Abb. 6.29: Verteilung der Vollgeschosse aus NLB-Stichprobe (s. Tab. 6.15: S. 169)

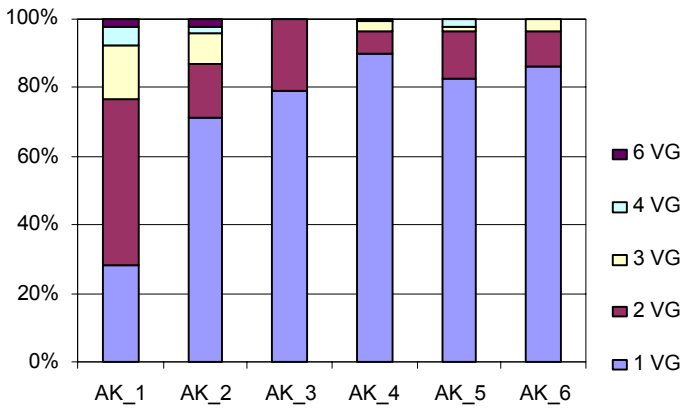


Abb. 6.30: Prozentuale Verteilung der Vollgeschosse (s. Tab. 6.15: S. 169)

	1 VG	2 VG	3 VG	4 VG	6 VG
AK_1	11	19	6	2	1
AK_2	87	19	11	2	3
AK_3	34	9			
AK_4	120	9	4	1	
AK_5	95	16	1	3	
AK_6	98	12	4		

Tab. 6.15: Verteilung der Vollgeschosse aus NLB-Stichprobe

6.2.1.3 Vergleich beider Stichproben

Bei dem Vergleich der Altersverteilung der Gebäudeeinheiten der Stichproben wird deutlich, daß Wohn- und Nichtwohngebäude innerhalb der Altersklassen unterschiedlich stark vertreten sind (s. Abb. 6.31: S. 169). Die Dominanz der Nichtwohngebäude läßt sich erst bei der Volumenbetrachtung veranschaulichen (s. Abb. 6.32: S. 169).

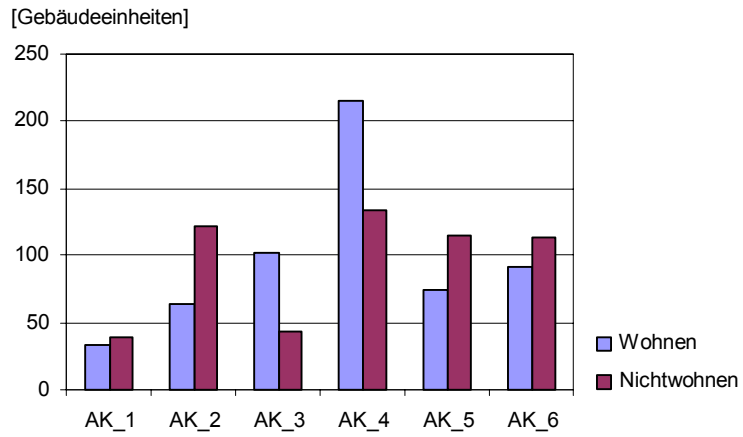


Abb. 6.31: Vergleich der Altersklassenverteilung der Geb.einh. beider Stichproben

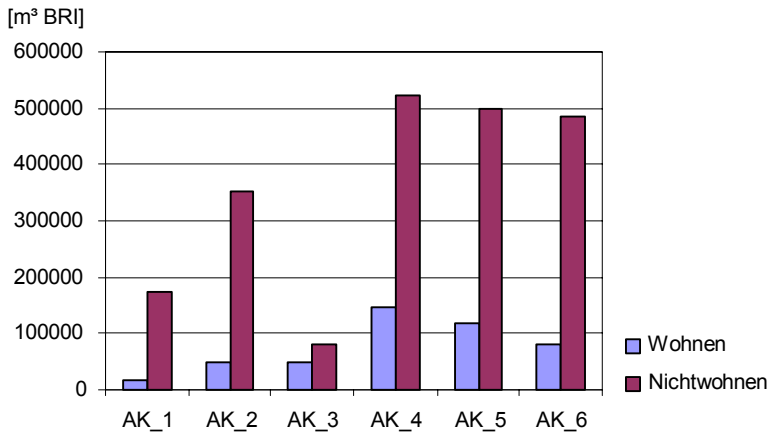


Abb. 6.32: Vergleich der Altersklassenverteilung des BRI's beider Stichproben

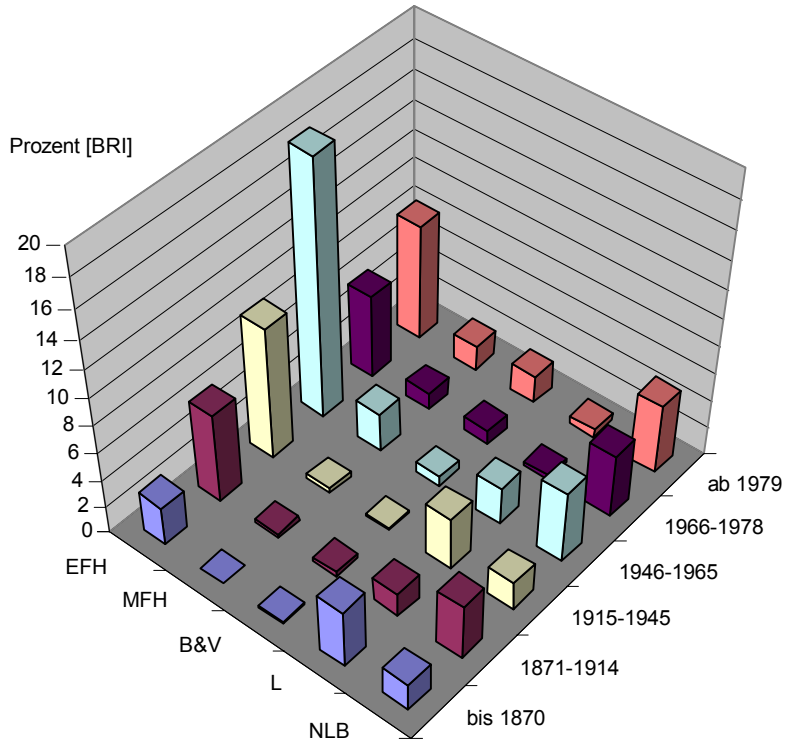


Abb. 6.33: Altersklassenverteilung von 5 Nutzungsklassen in Ettlingen, Ergebnis aus Stichproben

6.2.2 Analyse ALK / B-Plan: Alters- Nutzungsstruktur

Im vorherigen Abschnitt wurde bereits bei der Analyse der ALK die bebaute Fläche ermittelt, aber noch nicht weiter hinsichtlich der daraufstehenden Gebäude differenziert. Bei einer getrennten Abfrage lassen sich die bebauten Flächen sowohl nach der Objektklassifikation „Gebäude", wie auch nach der Textklassifikation „Gebäudenutzung" ermitteln. Die Ermittlung erfolgte jeweils nach Straßenblöcken. Durch Überlagerung der Ergebnisse konnte die Beziehung der Gebäudenutzung für die einzelnen bebauten Flächen hergestellt werden. Eine eindeutige Zuordnung war für 6471 Gebäudeeinheiten festzustellen (s. Abb. 6.34: S. 171). Die Ursachen, die eine Zuordnung nicht zuliessen lagen hier überwiegend in einer fehlerhaften Definition des graphischen Objektes.

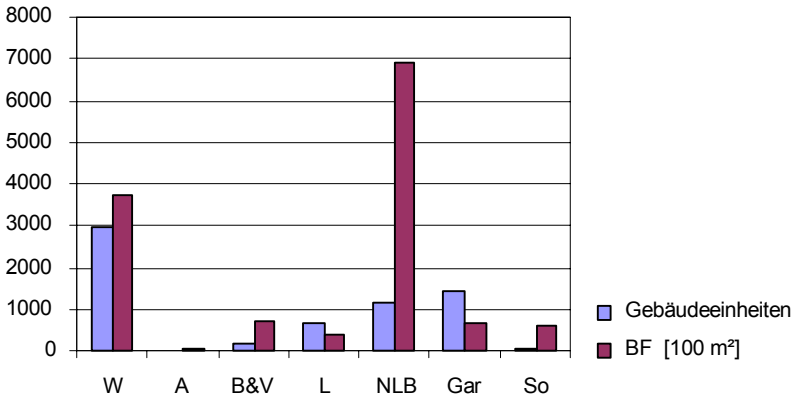


Abb. 6.34: Verhältnis Gebäudeeinheiten zu BF, Ergebnis aus Überlagerung der Berechnung BF aus ALK und Nutzung aus ALK (s. Tab. 6.16: S. 171)

Die Garagen wurden extra ausgewiesen, da sie per Definition zwar den Nichtlandwirtschaftlichen Betriebsgebäuden zugeordnet sind, aber was den Nutzungszusammenhang anbelangt neben Betriebsgeländen auch den Wohngebäuden zugeordnet sind. Für energetische Berechnungen werden sie zudem nicht betrachtet und es zeigt sich, daß sie einen nicht unerheblichen Anteil im Bestand einnehmen. Die Gegenüberstellung der bebauten Flächen zur Anzahl der Gebäudeeinheiten verdeutlicht in jedem Fall die Relevanz für den Flächenverbrauch (und das nur durch die bebaute Fläche und nicht die Grundstücksfläche) der Nichtlandwirtschaftlichen Betriebsgebäude.

Nutzung	Abk.	Anzahl	Grundfläche [100 m²]
Wohnngebäude	W	2975	3734,78
Anstaltsgebäude	A	7	52,86
Büro- und Verwaltungsgebäude	B&V	186	734,63
Landwirtschaftliche Betriebsgebäude	L	679	368,86
Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude	NLB	1137	6919,95
Garagen	G	1405	656,38
Sonstige Nichtwohngebäude	SO	81	616,34

Tab. 6.16: Ergebnis der Grundflächenermittlung

Es wird offensichtlich, daß die Wohngebäude hier gut repräsentiert sind, die Nichtlandwirtschaftlichen Betriebsgebäude liegen jedoch anzahlmässig weit unter der im ALB. Dies ist vor allem auf das Problem der Zuordnung bei mehreren Gebäuden pro Grundstück zurückzuführen, welches vorwiegend bei NLB auftritt.

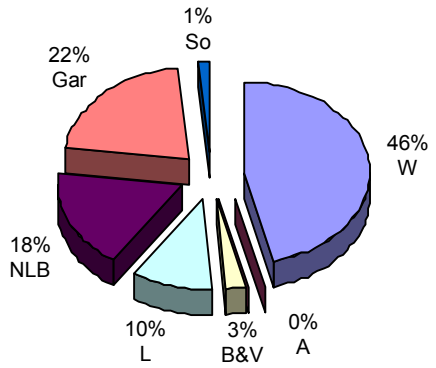


Abb. 6.35: Prozentuale Verteilung der Gebäudeeinheiten nach Nutzungsklassen aus ALK-Auswertung (s. Tab. 6.16: S. 171)

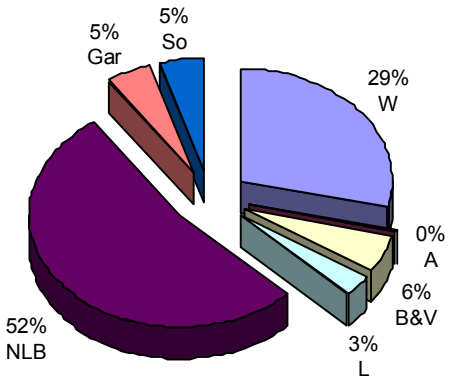


Abb. 6.36: Prozentuale Verteilung der bebauten Fläche nach Nutzungsklassen aus ALK-Auswertung (s. Tab. 6.16: S. 171)

Um die Homogenität der bebauten Flächen zu beurteilen, läßt sich bei der Betrachtung der Standardabweichung innerhalb der einzelnen Klassen feststellen, daß die größten Abweichungen bei den Nichtlandwirtschaftlichen Betriebsgebäuden festzustellen ist. Die Klasse der Anstaltsgebäude ist mit sieben Gebäuden in jedem Fall zu klein, um hier signifikante Aussagen zuzulassen.

	Min	Max	Mittelwert	Stand.abw.	Varianz	Summe
W	13,33	1874,92	125,54	113,2	12823,2	373477,5
A	119,9	2503,85	755,08	739,3	546602,1	5285,5
B&V	5,18	3463,64	394,96	526,5	277254,4	73463,2
L	0,81	2927,2	54,32	159,5	25442,9	36885,7
NLB	2,21	49828,85	298,05	1499,6	2248855,7	757632,1
So	1,99	5185,44	770,42	1067,8	1140284,1	61633,9

Tab. 6.17: Analyse der BF nach Nutzungsklassen

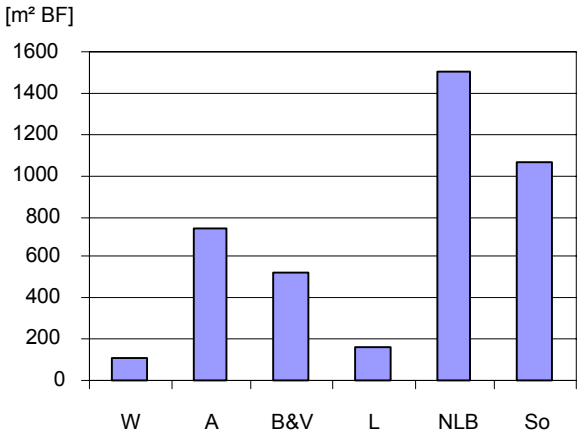


Abb. 6.37: Standardabweichung der BF innerhalb der Nutzungsklassen
(s. Tab. 6.17: S. 172)

6.2.2.1 BF Wohngebäude nach Größenklassen

Eine zusätzliche Klassifizierungsmöglichkeit bei der Analyse der bebauten Fläche bietet sich vor allem bei den Wohngebäuden an. Hier lassen sich unterschiedliche Größenklassen bilden, mit deren Hilfe eine Zuordnung zu Ein- bzw. Mehrfamilienhäusern ermöglicht wird. Die Einteilung erfolgte im Abgleich mit den Ergebnissen aus der Wohnungsstichprobe. Werden auch die Garagen in Größenklassen ausgewertet, so lassen sie sich überwiegend den Wohngebäuden bzw. den Nichtwohngebäuden zuordnen. Lediglich einige wenige „große" Garagen gehören zu Mehrfamiliengebäuden und nicht zu den Nichtwohngebäuden.

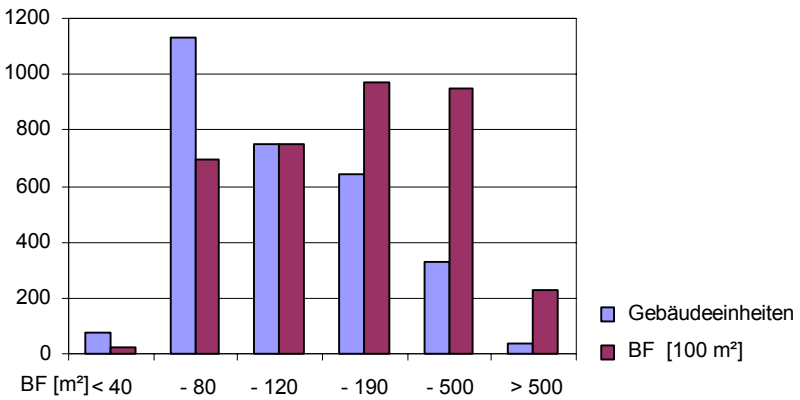


Abb. 6.38: Verteilung der Wohnengebäude in Größenklassen der bebauten Fläche
(s. Tab. 6.18: S. 174)

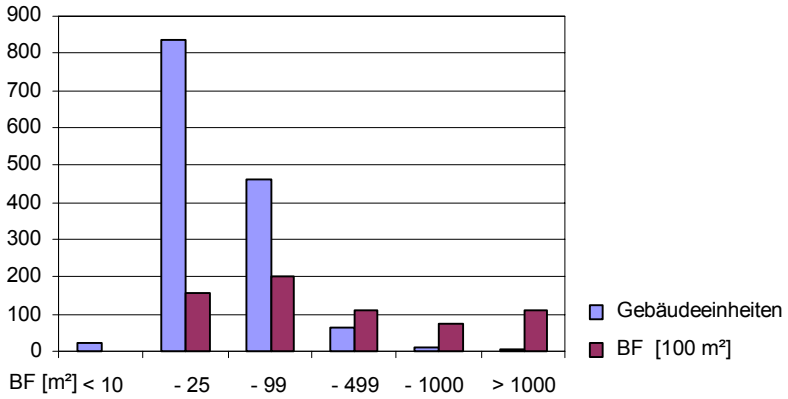


Abb. 6.39: Verteilung der Garagen in Größenklassen der bebauten Fläche
(s. Tab. 6.19: S. 174)

	BF [m²]	[Geb.einh.]	BF [m²]
Anbauten	< 40	77	2663,9
nur EFH	41 - 80	1132	69866,8
nur EFH	81 - 120	747	74564,3
EFH und MFH	121 - 190	642	96869,9
nur MFH	191 - 500	329	95054,7
nur MFH	> 500	38	22552,6

Tab. 6.18: Wohngebäude in Größenklassen der bebauten Fläche

BF [m2]	[Geb.einh.]	BF [m2]
< 10	22	162,68
10 - 25	839	15409,96
26 - 99	462	20315,48
100 - 499	65	11225,56
500 - 1000	10	7505,35
> 1000	7	11018,51

Tab. 6.19: Garagen in Größenklassen der bebauten Fläche

Eine weitere Auswertung erfolgte über eine Gebäudezählung mittels des GIS auf Basis der ALK. Hier wurde blockweise eine Bauart entsprechend der Größenklassen und der ersichtlichen Baustruktur zugeordnet. Das Ergebnis korreliert mit der Verteilung, die bei der Wohnungsstichprobe ermittelt wurde. Bei der Auswertung über das GIS können wesentlich mehr Gebäudeeinheiten in viel kürzerer Zeit erfaßt werden und auch relativ einfach zwischen freistehenden EFH's, Doppelhäusern und Reihenhäusern unterschieden werden (s. Tab. 6.20: S. 175). Die Wohnungsstichprobe ergab ein Verhältnis von 90% EFH zu 10% MFH (s. Tab. 6.10: S. 162).

	Gebäudeeinheiten	% Gebäudeeinheiten
EFH	935	34%
DH	732	27%
RH	695	26%
MFH	354	13%
Summe	2716	100%

EFH	2362	87%
MFH	354	13%

Tab. 6.20: Ergebnis der Strukturanalyse der ALK mittels GIS

6.2.3 Altersklassen aufgrund von Baugebieten

Weiterhin wurde die Überlagerung der klassifizierten bebauten Flächen aus ALK/ALB Daten mit einer zugeordneten Alterstruktur untersucht. Hierzu diente das entsprechende Datum der erlangten Rechtsgültigkeit der Bebauungspläne. Mittels des GIS wurden die Geltungsbereiche der B-Pläne selektiert und die Gebäude erfaßt. Den so selektierten Gebäuden wurde ein Baujahr zugeordnet.
Die Fehlerquelle bei diesem Verfahren liegt in der Fehldatierung von Gebäuden, die innerhalb einer bestehenden Struktur neu gebaut wurden - als Ersatzneubau, oder im Zuge von Verdichtungsmaßnahmen. Andererseits bekommen Gebäude im Außenbereich, die vor Erstellung eines Bebauungsplanes errichtet wurden, ebenfalls ein falsches Baujahr. Meistens besteht jedoch die Möglichkeit, anhand der Stadtstruktur große Fehlerquellen zu eliminieren. Bei Neuordnung größerer Flächen innerhalb gewachsener Strukturen wird fast immer ein B-Plan erstellt; somit können die Gebäude der richtigen Altersklasse zugeordnet werden.

[Geb.einh.]	AK_1	AK_2	AK_3	AK_4	AK_5	AK_6	Summe
W	171	238	435	992	392	516	2744
A		1					1
B&V	16	25	11	53		60	165
L	68	107	150	136	15	45	521
NLB	148	258	52	280	31	191	960
So	8	8	9	24	2	5	56

Tab. 6.21: Ergebnis der Überlagerung ALK-Nutzung mit B-Plan, NLB ohne Garagen

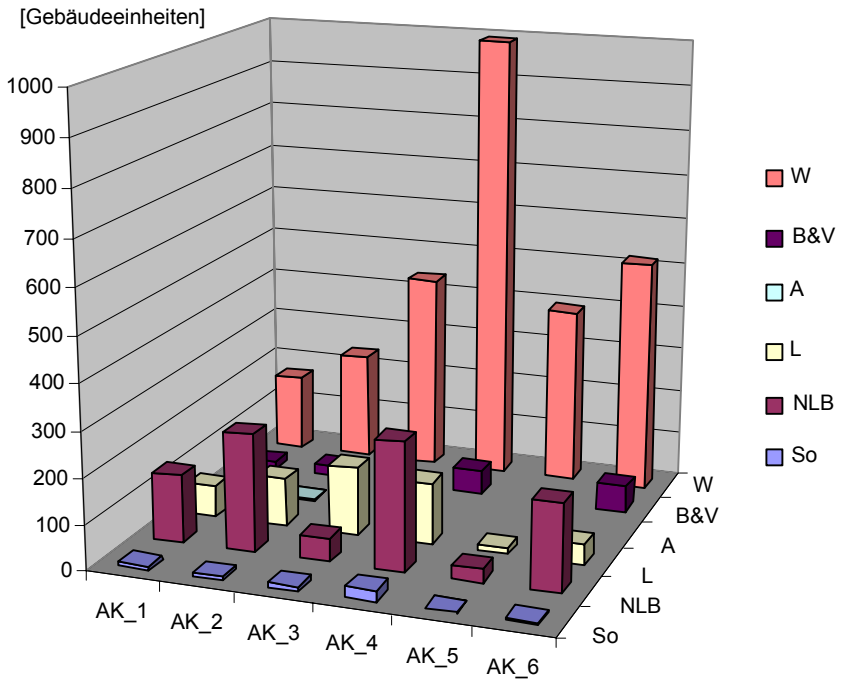


Abb. 6.40: Ergebnis der Überlagerung ALK-Nutzung mit B-Plan, NLB ohne Garagen (s. Tab. 6.21: S. 175)

Die prozentuale Verteilung der Gebäudeeinheiten der Stichproben spiegelt weitestgehend auch das Ergebnis der prozentualen Verteilung der Gebäudeeinheiten bei der Analyse über das GIS (s. Abb. 6.41: S. 176) mit den Baudaten der Bebauungspläne wieder. Lediglich die AK_3 weist eine signifikante Abweichung auf.

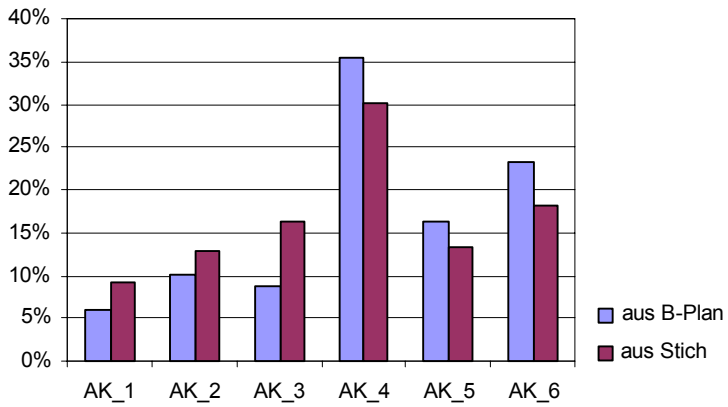


Abb. 6.41: Prozentuale Verteilung aus den Stichproben im Vergleich zu Ermittlung aus B-Plan (7271 Gebäudeinheiten)

		AK_1	AK_2	AK_3	AK_4	AK_5	AK_6
W	ALK	6%	9%	16%	36%	14%	19%
	Stich	5%	12%	17%	36%	13%	17%
B&V	ALK	10%	15%	7%	32%	0%	36%
	Stich	3%	7%	4%	17%	23%	46%
L	ALK	13%	21%	29%	26%	3%	9%
	Stich	31%	13%	29%	20%	2%	4%
NLB	ALK	15%	27%	5%	29%	3%	20%
	Stich	8%	17%	9%	23%	20%	22%

Tab. 6.22: Vergleich der ALK/B-Plan Auswertung zu Stichproben

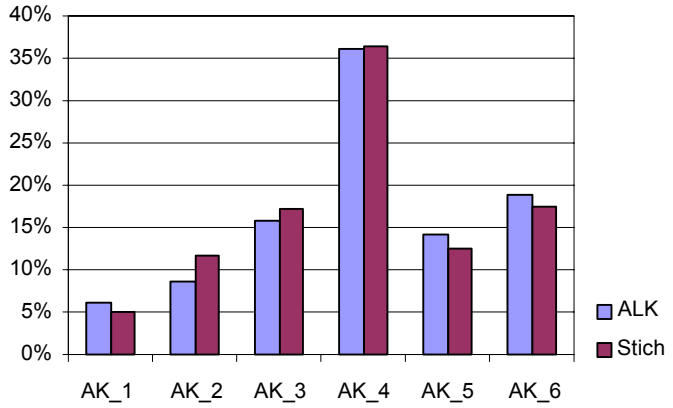


Abb. 6.42: Vergleich der Altersklassenverteilung der Wohngebäude zwischen Stichprobe und dem Ergebnis aus der Überlagerung B-Plan mit ALK-Nutzung

Noch deutlicher wird die Prozentuale Übereinstimmung beim Vergleich mit der Stichprobe der Wohngebäude. Das zeigt, daß dieses Verfahren ebenfalls gut geeignet ist, bei entsprechender Datenlage relativ schnell zu einer Alterskartierung mit Nutzungskartierung zu gelangen, ohne mühevoll Stichproben auszuwerten.
Landwirtschaftliche Betriebsgebäude wurden *nicht* separat als Stichprobe gezogen. Die Gebäude wurden nur miterfaßt bei der Wohnungsstichprobe und der Stichprobe für Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude unter derselben Adresse. Landwirtschaftliche Betriebsgebäude traten bei der Erfassung hauptsächlich bei der Wohnungsstichprobe im Zusammenhang mit der Struktur alter Hofreiten auf, was den hohen Anteil der AK_1 bei der Stichprobe erklärt. Die Stichprobe ist in diesem Fall nicht als repräsentativ anzusehen (s. Abb. 6.43: S. 178).

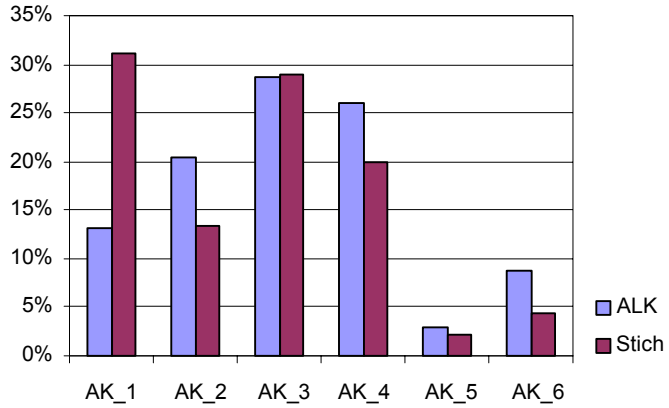


Abb. 6.43: Vergleich der Altersklassenverteilung der landwirtschaftlichen Betriebsgebäude zwischen „Stichprobe" und dem Ergebnis aus der Überlagerung B-Plan mit ALK-Nutzung

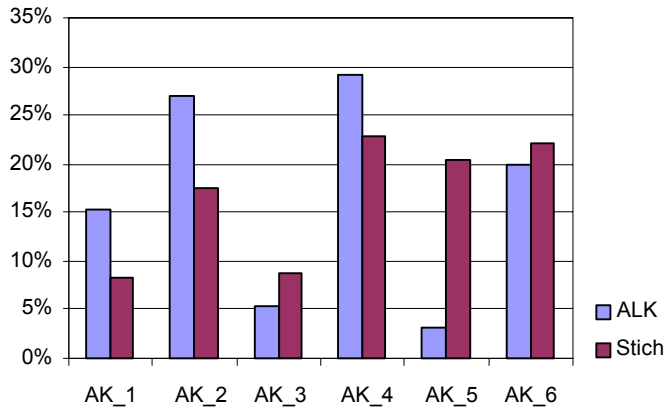


Abb. 6.44: Vergleich der Altersklassenverteilung der nichtlandwirtschaftlichen Betriebsgebäude zwischen Stichprobe und dem Ergebnis aus der Überlagerung B-Plan mit ALK-Nutzung

Bei den Nichtlandwirtschaftlichen Betriebsgebäuden ist die Stichprobe aufgrund der Anzahl der Gebäude pro Grundstück und der damit verbundenen Identifikationsprobleme ebenfalls nicht in gleichem Maße repräsentativ, wie die der Wohngebäude. Jedoch konnte hier auch festgestellt werden, daß vor allem durch nachträgliche Bebauung und Ersatzneubau die Anzahl der AK_1 und AK_2 bei der Auswertung über die B-Plan Datierung so hoch ist. Weiterhin stellte sich heraus, daß einige Gebäude der AK_5 nicht auf der ALK erfaßt waren (s. Abb. 6.44: S. 178).

Für die einzelnen Alters- und Nutzungsklassen lassen sich nun Mittelwerte, Varianz und Standardabweichung bestimmen. Hier ist die Altersklasse 6 dargestellt; die Ergebnisse der weiteren Alterklassen finden sich im Anhang 3. Bei der Analyse bzw. weiteren Nutzung der Werte ist jeweils zu beachten, daß vor allem in der Klasse der Anstaltsgebäude, sowie der Sonstigen Nichtwohngebäude, oft nur eine statistisch nicht signifikante Grundmenge zur Verfügung steht.

[BF m²] AK_6	Anzahl	Min	Max	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.	Summe
So	3	142,9	2865,9	1066,5	1619307,5	1272,5	3199,6
A	3	422,9	2503,9	1228,4	832137,7	912,2	3685,3
B&V	63	6,0	3463,6	610,4	526824,9	725,8	38456,1
L	171	5,2	920,7	48,5	12983,3	113,9	8295,0
NLB	504	2,2	13741,3	449,2	1511109,7	1229,3	226391,4
W	599	24,1	1118,3	106,8	13406,5	115,8	63972,9
Summe	1343						344000,3

Tab. 6.23: Analyse BF für AK_6; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan mit Ausreißern, AK_1 - AK_5 (s. Tab. A2.20: S. 276) - (s. Tab. A3.29: S. 293)

Die Altersverteilung und die Verteilung der bebauten Fläche folgt in allen Nutzungsklassen prinzipiell der gleichen Kurve (s. Abb. 6.45: S. 179).

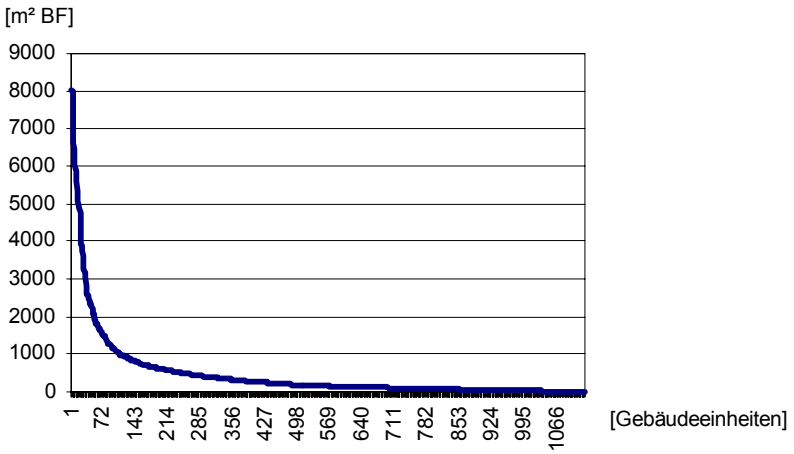


Abb. 6.45: Verteilung der BF von 1127 NLB aus der ALK

Vor allem hinsichtlich der maximal bebauten Flächen gibt es meist zwei oder drei Gebäude, die als extreme Ausreißer bezeichnet werden können, da sie teilweise die doppelte Fläche benötigen, wie das nächstkleinere Gebäude. Werden diese Ausreißer bei der Auswertung der einzelnen Alterklassen nicht berücksichtigt, so sinkt die Varianz und die Standardabweichung erheblich. Die mit „comp" bezeichneten Datensätze sind jeweils ohne die Ausreißer. Weiterhin wurden die NLB noch einmal getrennt nach Garagen und NLB untersucht.

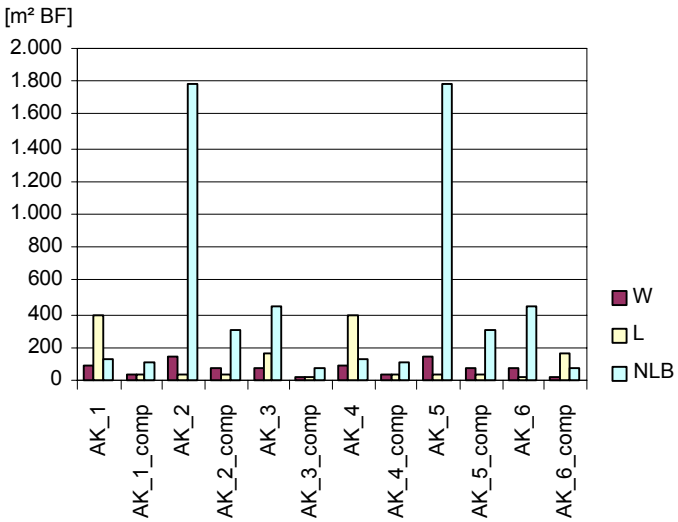


Abb. 6.46: Gegenüberstellung der Analyse mit und ohne Ausreißer BF für AK_6; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan (s. Tab. 6.23: S. 179)

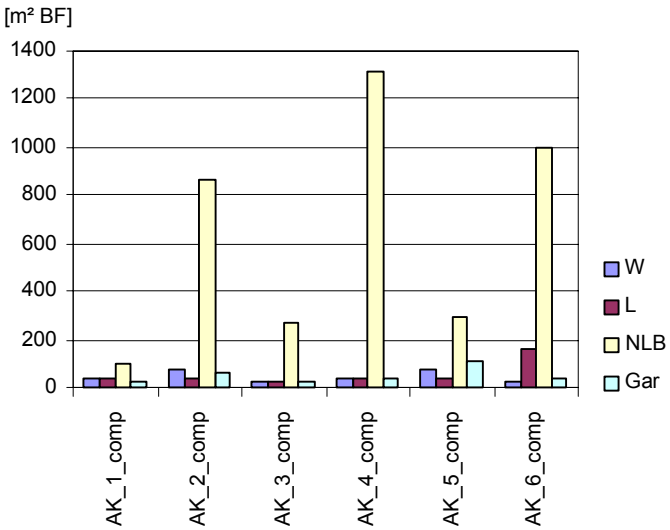


Abb. 6.47: Analyse BF; Standardabweichung innerhalb der Altersklassen aus der Überlagerung ALK und B-Plan ohne Ausreißer (s. Tab. 6.24: S. 181)

[BF m²] AK_6	Anzahl	Min	Max	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.	Summe
So	3	142,9	2865,9	1066,5	1619307,5	1272,5	3199,6
A	3	422,9	2503,9	1228,4	832137,7	912,2	3685,3
B&V	60	16,8	2364,9	537,6	331224,4	575,5	32256,6
L	160	10,2	549,6	40,6	5413,8	73,6	6497,0
NLB	486	10,4	6376,7	369,2	641791,8	801,1	179428,1
W	593	36,8	665,8	102,7	9393,6	96,9	60879,8
Summe	1305						285946,5

Gar	220	11,8	433,4	28,5	1377,8	37,1	6280,4
NLB	266	10,4	6376,7	650,9	996108,3	998,1	173147,8
Summe	486						179428,1

Tab. 6.24: Analyse BF für AK_6; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan ohne Ausreißer, AK_1 bis AK_5 (s. Tab. A2.20: S. 276) -(s. Tab. A3.29: S. 293)

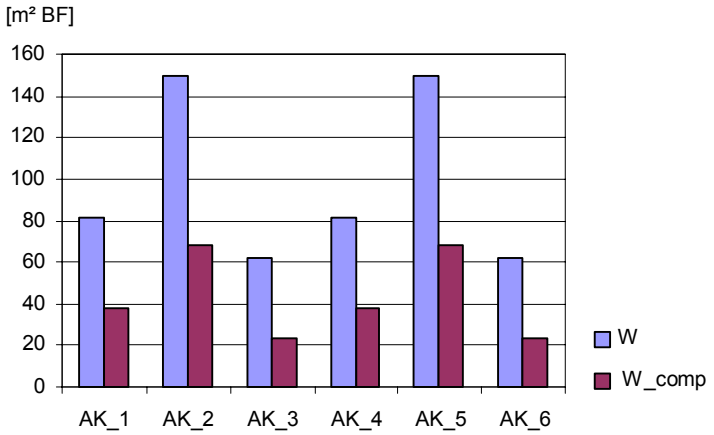


Abb. 6.48: Analyse BF Wohngebäude; Standardabweichung innerhalb der Altersklassen aus der Überlagerung ALK und B-Plan (s. Tab. 6.24: S. 181)

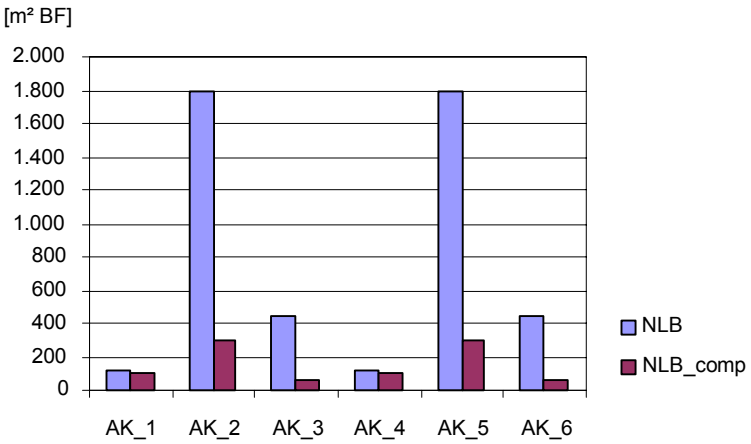


Abb. 6.49: Analyse BF NLB; Standardabweichung innerhalb der Altersklassen aus der Überlagerung ALK und B-Plan (s. Tab. 6.24: S. 181)

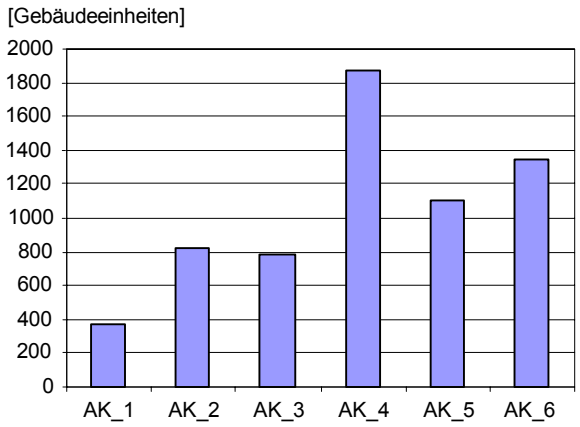


Abb. 6.50: Ergebnis der ALK-Plan Auswertung, alle Gebäudeeinheiten nach Altersklassen

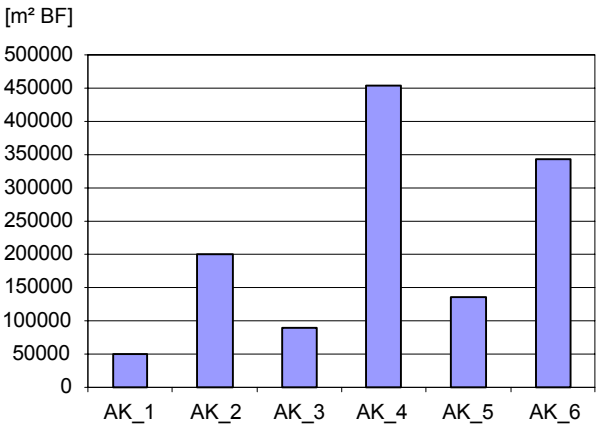


Abb. 6.51: Ergebnis der ALK-Plan Auswertung, BF alle Gebäudeeinheiten nach Altersklassen

6.2.4 Teilbestand: Wohnungsbaugesellschaften

Als weiterer Teilbestand wurden die Gebäude zweier Wohnungsbaugesellschaften untersucht. Hier lagen zusammen für 141 Gebäude Daten über das Baujahr und die Nutzfläche (NF) vor. Die bebaute Fläche wurde über die ALK erfaßt. Das Ergebnis der prozentualen Gegenüberstellung zeigt, daß BF und NF in der Altersklassenverteilung hinsichtlich der Summe des Gesamtbestandes gut korreliert (s. Abb. 6.52: S. 183). Durch diese zusätzliche Datenquelle wird es möglich, Mittelwerte für die Nutzflächen einzelner Altersklassen für den Bestand Ettlingen zu ermitteln. Hierfür gab es in den Unterlagen der Feuerversicherungen keinerlei Angaben.

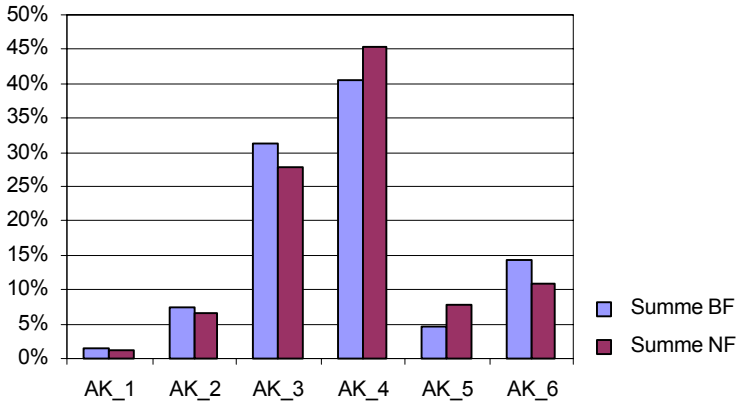


Abb. 6.52: Altersverteilung von BF und NF des Teilbestands „Wohnungsbaugesellschaften“, (s. Tab. A3.15: S. 288), (s. Tab. A3.16: S. 288)

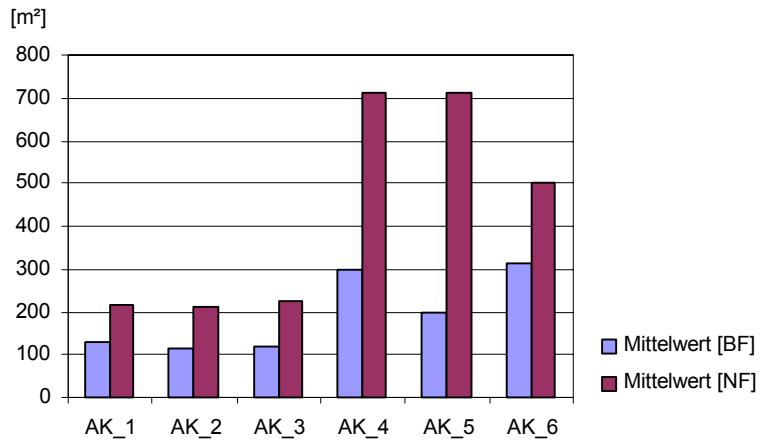


Abb. 6.53: Mittelwerte nach Altersklassen von BF und NF des Teilbestands „Wohnungsbaugesellschaften“, (s. Tab. A3.15: S. 288), (s. Tab. A3.16: S. 288)

Hinsichtlich der Mittelwerte sind ab AK_4 erhebliche Unterschiede in der Verteilung zu beachten. Dies ist wieder auf die hier einsetzende deutlich höhere Anzahl an Mehrfamilienhäusern zurückzuführen. Der heterogenere Bestand in diesen Alterklassen drückt sich auch in der größeren Standardabweichung aus (s. Abb. 6.55: S. 184).

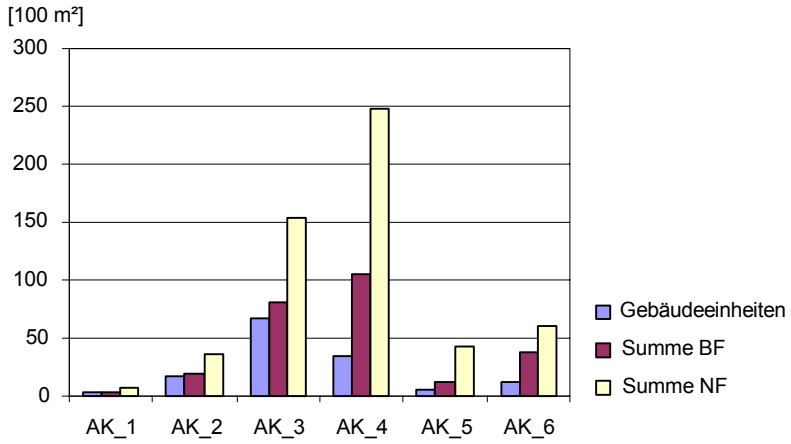


Abb. 6.54: Gegenüberstellung von Gebäudeeinheiten, BF und NF des Teilbestands „Wohnungsbaugesellschaften"

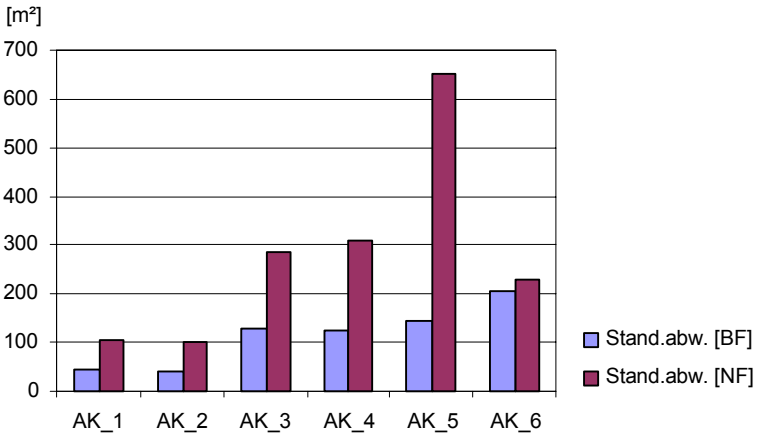


Abb. 6.55: Standardabweichung nach Alterklassen von BF und NF des Teilbestands „Wohnungsbaugesellschaften",
(s. Tab. A3.15: S. 288), (s. Tab. A3.16: S. 288)

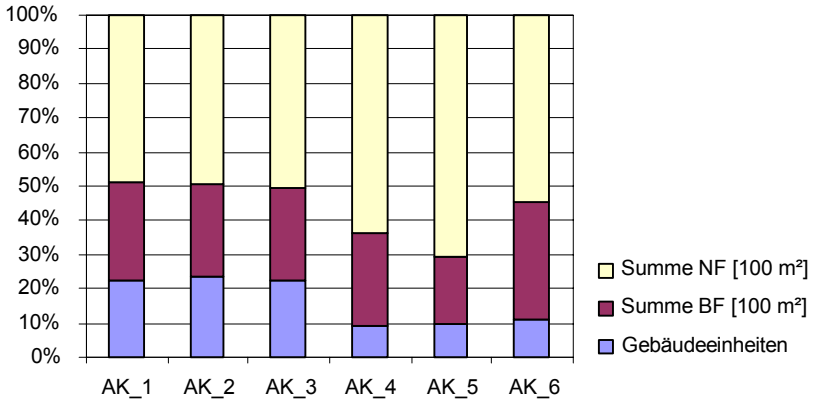


Abb. 6.56: Verhältnis zwischen BF, NF und Gebäudeeinheiten innerhalb der Altersklassen für den Teilbestand „Wohnungsbaugesellschaften“, (s. Tab. A3.15: S. 288), (s. Tab. A3.16: S. 288)

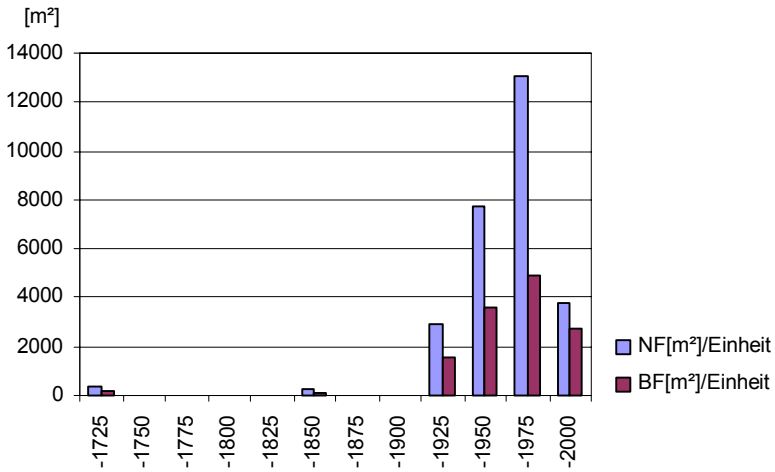


Abb. 6.57: Altersverteilung BF und NF des Teilbestandes „Wohnungsbaugesellschaften“ in 25-Jahre Intervallen

Die Auswertung kann in beliebigen Altersklassen erfolgen. Die Auswertung in Dekaden zeigt ein differenzierteres Bild der durchschnittlichen Verteilung von NF und BF innerhalb des Teilbestandes der Wohnungsbaugesellschaften. Bei der Übernahme der Mittelwerte ist jedoch immer zu prüfen, wie groß die Anzahl der zur Verfügung stehenden Gebäude ist, um die Werte hinsichtlich ihrer Aussagekraft interpretieren zu können.

6.3 Externe Daten: Einwohner

Die Möglichkeit der Verknüpfung von Gebäudedaten mit externen Daten wird hier beispielhaft für die vier Städte im Verhältnis der Gebäudeeinheiten zu den Einwohnern gezeigt. Differenzierte Daten zur sozialen Einwohnerstruktur wurden nicht betrachtet. Es gilt hier nur die prinzipielle Möglichkeit der Verknüpfung mit externen Daten aufzuzeigen.

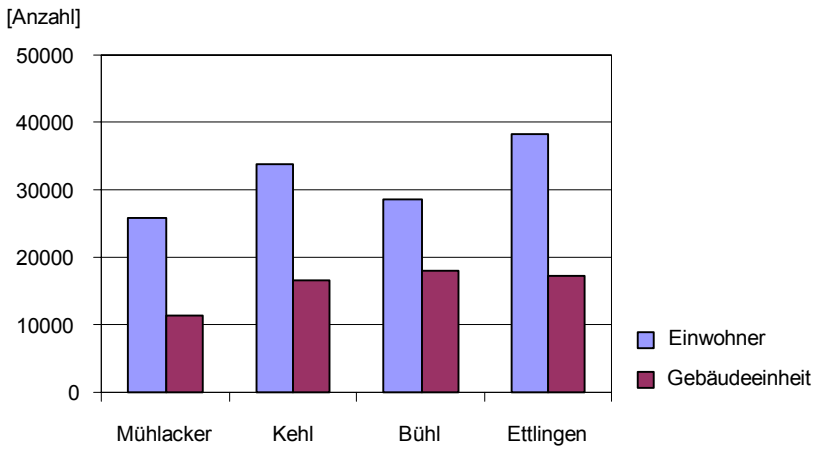


Abb. 6.58: Gegenüberstellung Einwohner zu Gebäudeeinheiten,
(s. Tab. 6.25: S. 186)

Nutzung	Mühlacker	Kehl	Bühl	Ettlingen
W	5499	6204	7058	7260
A	12	20	22	9
B&V	43	257	149	343
L	1921	4471	3797	2166
NLB	3647	5445	6694	7407
So	136	161	225	191
NW	5759	10354	10887	10116
Summe	11258	16558	17945	17376
Einwohner	25969	33627	28496	38376
Gebäude	11258	16558	17945	17376
EW/Gebäude	2,31	2,03	1,59	2,21
EW/Wohngeb.	4,72	5,42	4,04	5,29
EW/Nichtwohng.	4,51	3,25	2,62	3,79

Tab. 6.25: Analyse Einwohner zu Gebäudeeinheiten

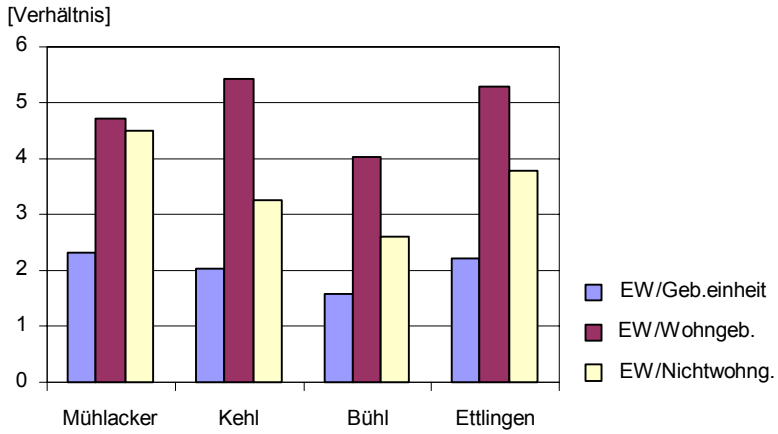


Abb. 6.59: Verhältnisse Einwohner zu Teilbeständen,(s. Tab. 6.25: S. 186)

DIe Ergebnisse zeigen, daß das Verhältnis der Einwohner zu den Gebäudeeinheiten in allen vier Städten relativ stark ähnelt; es liegt zwischen 2,3 und 1,6. Betrachtet man das Verhältnis zu den Wohngebäuden, so kommen 4 bis 5,4 EW auf ein Wohngebäude (s. Abb. 6.59: S. 187).

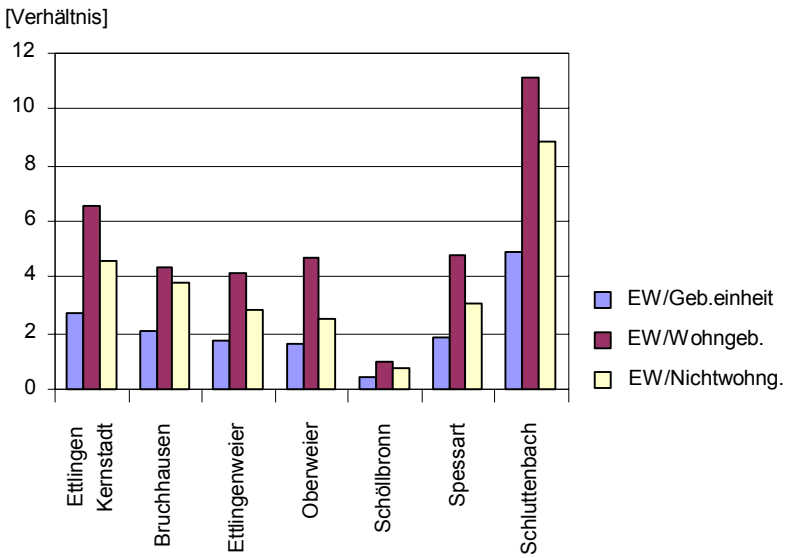


Abb. 6.60: Verhältnisse Einwohner zu Teilbeständen für Ettlingen und Ortsteile,
(s. Tab. A3.55: S. 304)

Deutlich wird hier wieder der strukturelle Unterschied der Einwohnerdichte, wenn man Ettlingen mit seinen Ortsteilen vergleicht (s. Abb. 6.60: S. 187). Während in der Kernstadt auf ein Wohngebäude durchschnittlich 6,5 Einwohner kommen, sind es bei den Ortsteilen nur 4 bis 4,8. Die Ergebnisse in Schöllbronn mit einem Einwohner pro Gebäude, sowie Schluttenbach mit 11 EW pro Gebäude, deuten in einem Fall auf

einen Leerstand hin, im anderen Fall auf einen verhältnismäßig hohen Anteil von Mehrfamilienhäusern, sofern die Anzahl der im ALB erfaßten Gebäude nicht einen viel früheren Stand darstellt. Dies konnte für die Ortsteile jedoch nicht im Rahmen dieser Arbeit rekonstruiert werden.
In der Literatur finden sich weitere Untersuchungen, die sich als Kennwerte zu Validierungszwecken und Analysezwecken heranziehen lassen. Hier werden z. B. auch die Beziehungen zwischen Bebauung, Grundstücksgröße (nicht Flurstücksgröße) und Einwohnerdichte dargestellt (s. Tab. 6.26: S. 188). Bei der Betrachtung der Einwohnerverhältnisse können bei älteren Untersuchungen Differenzen auftreten, da sich das pro Kopf Verhältnis von Wohnfläche zu Nutzer stetig erhöht.

Wohnform	Grundstücksgröße [m²]	Dichte [EW/ha]
eingeschossiges, freistehendes Einzelhaus	600-2000	60
freistehendes Doppelhaus	450	70-90
eingeschossiges Reihenhaus	250	90-120
Gartenhofhaus	180-220	160-200
zweigeschossigesReihenhaus	300	120-150
Geschosswohnungsbau 3-geschossig	100	250-350
Geschosswohnungsbau 4-geschossig	90	250-350
Geschosswohnungsbau 8-geschossig	100	250-350
Wohnhügel und Terrassenhäuser	variiert	350

Tab. 6.26: Kennzahlen aus der Beziehung Grundstück zu Einwohnerdichte [MAU 81]

6.4 Dynamische Bestandsanalyse

Aus einigen Datenquellen lassen sich Kenntnisse über die historische Dynamik von Beständen gewinnen. Hier werden beispielhaft Ergebnisse aus der Stichprobe der Wohngebäude vorgestellt. Desweiteren wurden noch die beim Bauordnungsamt registrierten Bauanträge hinsichtlich ihrer Auswertungsmöglichkeit zur Dynamik untersucht.

6.4.1 Ergebnisse aus der Wohnungsstichprobe

Die Maßnahmen aus der Wohnungsstichprobe wurden nur gesamtheitlich analysiert und nicht getrennt nach Anbau-, Umbau- oder allgemein verbessernden Maßnahmen. Es ist zu beachten, daß generell nur größere Maßnahmen in den Akten in Erscheinung treten; reine Instandhaltungsmaßnahmen werden hier nicht erfaßt.
Betrachtet man den Zeitpunkt der Durchführung der Maßnahmen auf der Zeitachse, so ist in den siebziger Jahren ein deutlicher Anstieg zu ver-

zeichnen. Dieser Peak wurde durch die umfangreiche Altstadterneuerung in Ettlingen hervorgerufen (s. Abb. 6.61: S. 189).

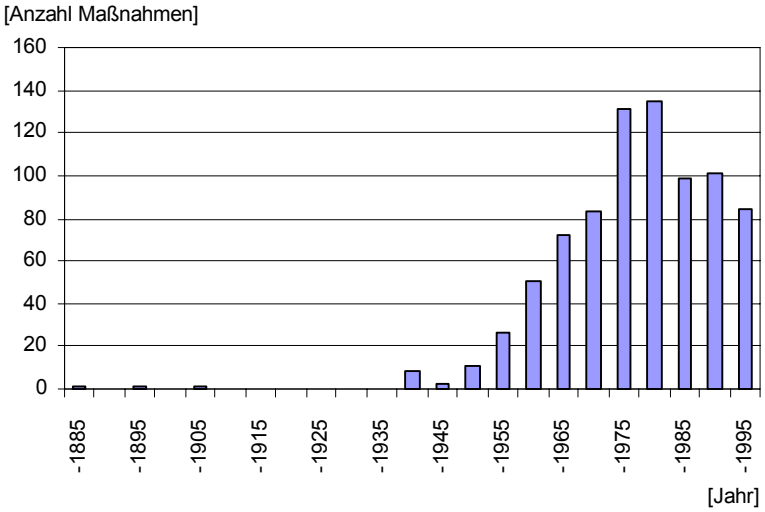


Abb. 6.61: Verteilung der Maßnahmen innerhalb 10-Jahres Intervallen

Ein weiterer Aspekt, der auch im Hinblick auf die Intervalle für die dynamische Modellierung von Szenarien interessant ist, ist der Zeitpunkt von Maßnahmen im Verhältnis zum Baujahr. Es zeigt sich, daß der überwiegende Teil der Maßnahmen in den Zeitraum von 11 - 30 Jahren fällt (s. Abb. 6.62: S. 189). Dabei ist zu beobachten, daß „frühe" Maßnahmen gerade bei jüngeren Gebäuden stattfinden(s. Abb. 6.63: S. 190). Hier sind die Gebäude nach Baujahr aufgetragen und nach Zeiträumen, in denen Maßnahmen stattfinden.

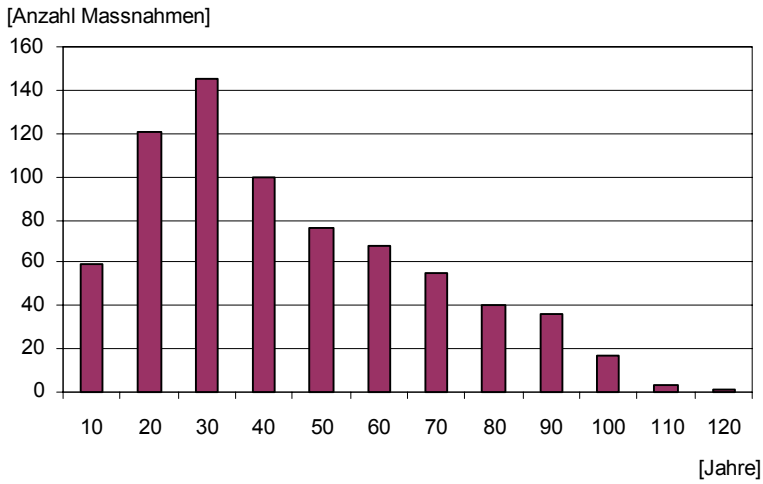


Abb. 6.62: Intervalle in Jahren der Maßnahmen ab Baujahr

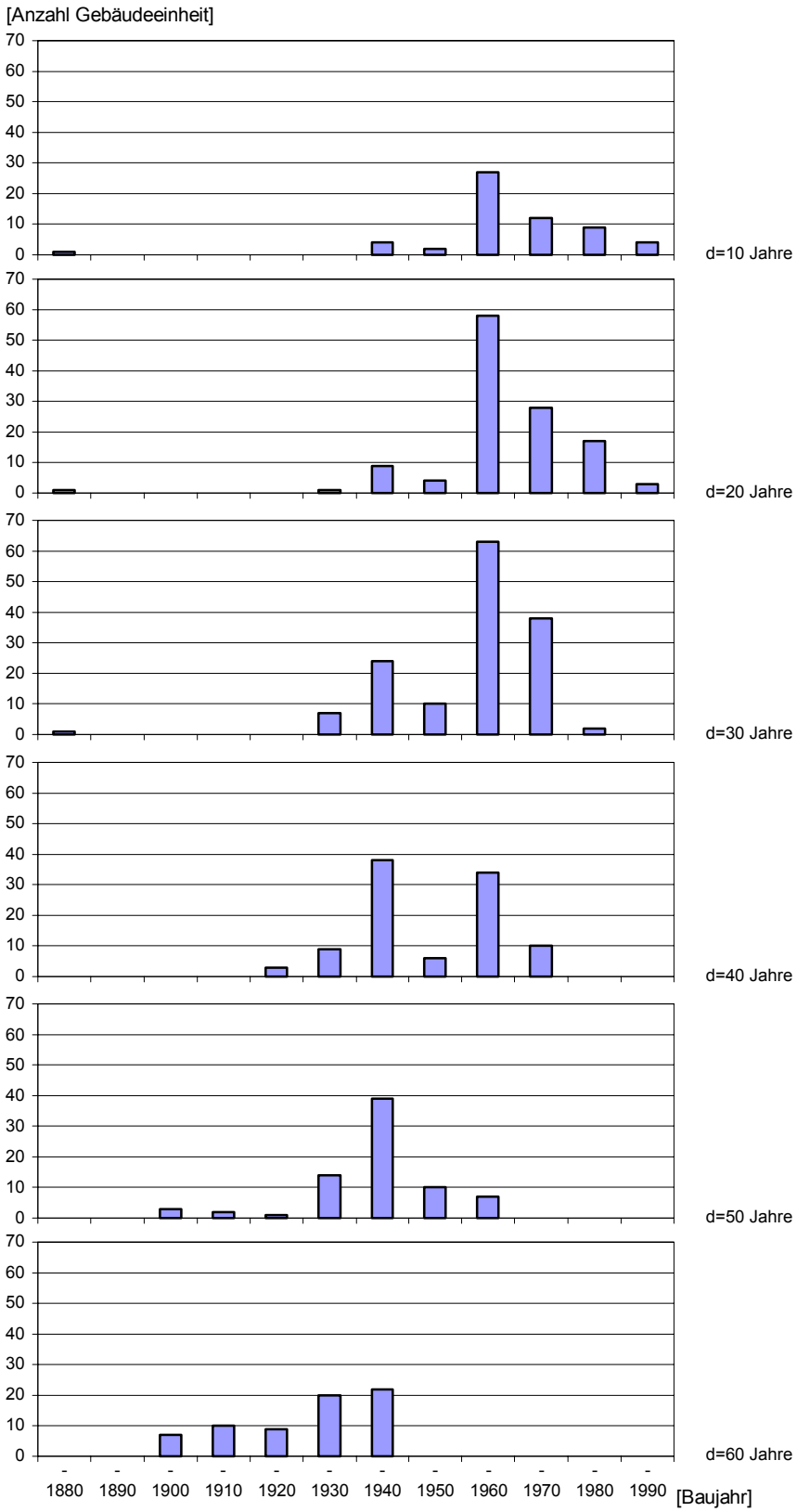


Abb. 6.63: Maßnahmenintervalle von 10-60 Jahre nach Baujahr, aus Wohngebäudestichprobe

Betrachtet man die Gebäude hinsichtlich ihres Baujahres und der stattgefundenen Erstmaßnahme, so läßt sich ebenfalls feststellen, daß die älteren Gebäude meist viele Jahre ohne Eingriffe bestanden. Dies kann zweierlei bedeuten: Einerseits kann dies auf eine generell höhere Bautätigkeit im Bestand in den letzten Jahren hinweisen, andererseits könnte dies auch hinsichtlich der Qualität der Vorkriegsgebäude interpretiert werden, die dann besser als die der Nachkriegsgebäude wäre. Bei der Interpretation müßte ebenfalls die Möglichkeit der Gebäude ohne große Baumaßnahmen auf funktionale Veränderungen reagieren zu können mit in Betracht gezogen werden, sowie die Anzahl der Funktionsänderungen insgesamt. Ausgewertet wurden nur die Gebäude, die ab 1900 gebaut wurden (s. Abb. 6.64: S. 191).

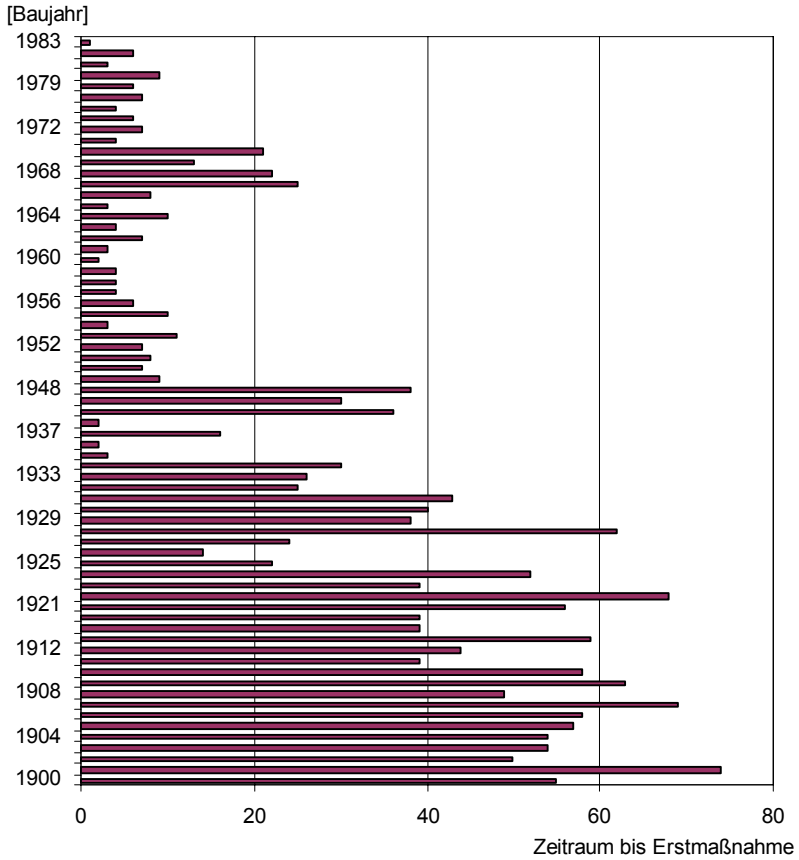


Abb. 6.64: Zeitraum bis zur Erstmaßnahme nach Baujahr aus Wohngebäudestichprobe

Die Anzahl der Maßnahmen, die bislang pro Gebäude erfaßt wurden, zeigt, daß hier die meisten Maßnahmen bei den älteren Gebäuden stattfanden. Betrachtet man die Zeitverhältnisse, so ist es jedoch erstaunlich, daß die 60er-Jahre-Gebäude im Durchschnitt auch schon knapp drei größere Maßnahmen erfahren haben (s. Abb. 6.65: S. 192).

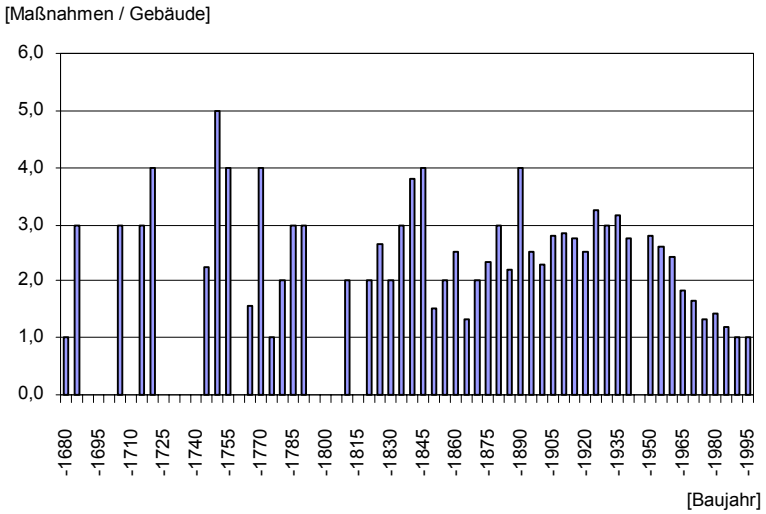


Abb. 6.65: Durchschnittliche Maßnahmen pro Gebäude nach Baualter aus Wohngebäudestichprobe

Die Häufigkeit der Maßnahmen an 60er- und 70er-Jahre-Gebäuden zeigt sich auch noch einmal bei der gesamten Anzahl der Maßnahmen, wenn man sie dem Baujahr der Gebäude gegenüberstellt (s. Abb. 6.66: S. 192). Hier ist bei der Interpretation auch immer die Verteilung der zugrundeliegenden Gebäudeeinheiten zu beachten; eine große Anzahl von Gebäuden führt zu einer hohen Anzahl von Maßnahmen (s. Abb. 6.67: S. 193).

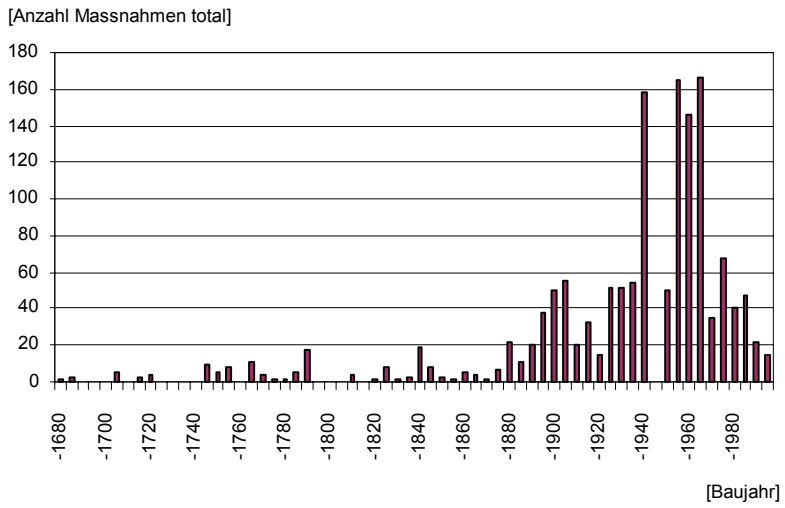


Abb. 6.66: Maßnahmen total nach Baujahr aus Wohngebäudestichprobe

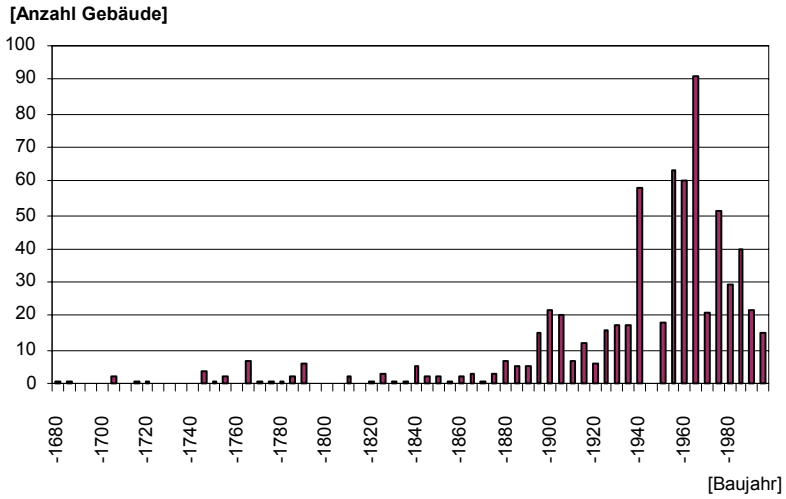


Abb. 6.67: Altersverteilung der Gebäude in 5-Jahresintervallen aus Wohngebäudestichprobe

6.4.2 Ergebnisse aus den Bauakten

Anhand der Bauanträge wurde die Bautätigkeit für Ettlingen inklusive der Ortsteile ermittelt. Es handelt sich dabei um Maßnahmen an Wohn- und Nichtwohngebäuden. Untergeordnete Maßnahmen, wie z. B. „Aufstellen von Werbetafeln“, die beantragt werden müssen, aber nichts mit dem Gebäude zu tun haben, wurden nicht berücksichtigt. Die Maßnahmen wurden in fünf Kategorien zusammengefaßt:

- Neubau
- Abbruch
- Umnutzung (prinzipiell gleichbleibender Baukörper)
- Anbau (Volumenvergrößerung)
- Sanierung

Die Bautätigkeit wurde beispielhaft für die letzten 10 Jahre ermittelt. Die Grundlage war eine Zusammenstellung der Bauakten, die Datum und Art der Maßnahme beinhaltete; sie war für die älteren Maßnahmen nicht vollständig.

	Neubau	Abbruch	Umnutzung	Anbau	Sanierung
1990	105	-3	4	3	0
1991	169	-2	8	0	0
1992	202	0	7	0	0
1993	159	-5	12	39	3
1994	179	-10	24	36	2
1995	162	-21	23	42	6
1996	112	-7	26	57	2
1997	111	-12	27	45	1
1998	116	-14	29	58	4
1999	131	-20	40	62	6
2000	75	-7	9	24	0

Tab. 6.27: Bautätigkeit von 1990 bis 2000 aufgrund der Bauaktenauswertung

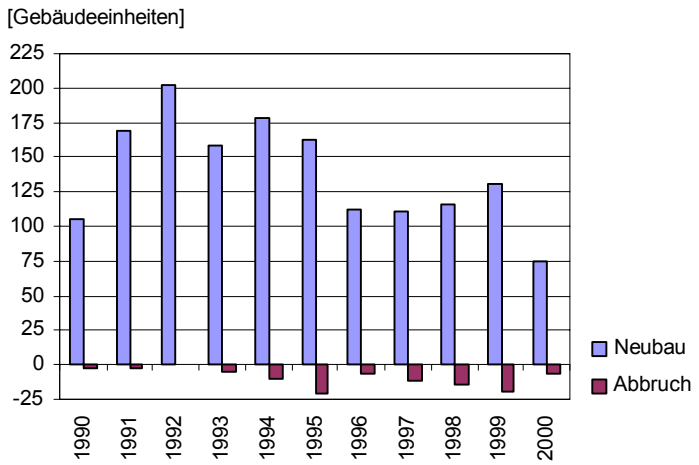


Abb. 6.68: Abbruch und Neubautätigkeit von 1990 bis 2000 aufgrund der Bauaktenauswertung

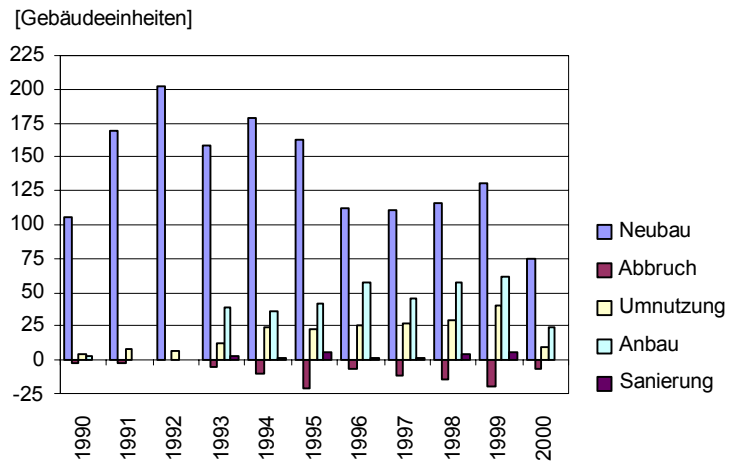


Abb. 6.69: Bautätigkeit nach Maßnahmen von 1990 bis 2000 aufgrund der Bauaktenauswertung

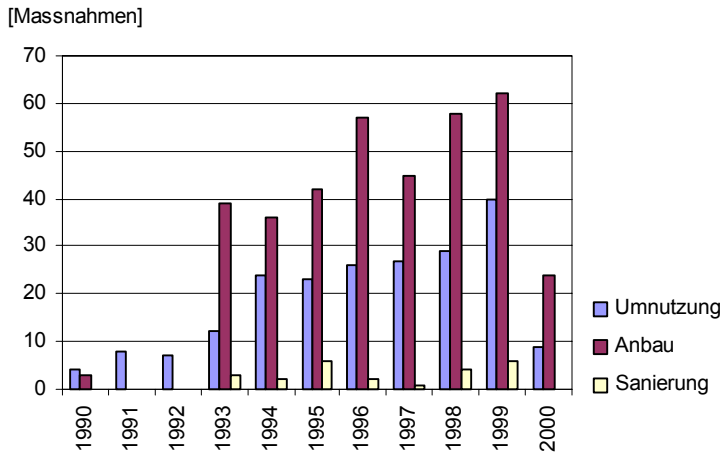


Abb. 6.70: Maßnahmen an bestehenden Gebäuden von 1990 bis 2000 aufgrund der Bauaktenauswertung

Bei der Betrachtung der Maßnahmen an bestehenden Gebäuden wird deutlich, daß diese überwiegend einer Vergrößerung des Bestandes dienen (s. Abb. 6.70: S. 195).

Gerade die Datenerhebung für die Analyse von dynamischen Daten ist im allgemeinen sehr aufwendig. Die Analyse der historischen Dynamik liefert jedoch für das Verständnis des Systems einen wesentlichen Beitrag. In diesem Zusammenhang sind aber auch immer externe Systemparameter mit in Betracht zu ziehen, um die dynamischen Prozesse richtig bewerten zu können.
Die Untersuchung der historischen Dynamik kann ebenfalls einigen Aufschluß über Art und Geschwindigkeit der Veränderungen liefern, sowie bei der Feststellung des aktuellen Zustands eines Teilbestandes nützlich sein. Ein gut dokumentierter Zustand ist eine wesentliche Ausgangsbasis für die Berechnung von Szenarien.

7 Resümee und Ausblick

Die Notwendigkeit einer nachhaltigen Entwicklung bezüglich der gebauten Umwelt ist ebenso unumstritten wie die Komplexität der daraus resultierenden Aufgabenstellung. Unstrittig ist auch die Relevanz des Gebäudebestandes in diesem Zusammenhang. In etlichen Studien wurde bereits gezeigt, daß dabei der Fokus nicht nur auf dem Bereich der Energie-, sondern auch der Stoffströme liegen muß. Die Identifikation von Indikatoren und die Festlegung von Ziel- und Grenzwerten erfordert geeignete Methoden und Instrumente zur Bewertung. Hierfür werden vor allem solide Datengrundlagen benötigt.

Die **Systemanalyse** verdeutlicht neben der Komplexität der Systeme auch die Relevanz der Betrachtung des Bestandes selbst und vor allem seiner Dynamik. Die Analyse der Bewirtschaftung als externer Systemparameter und deren zugrundeliegende Strategien zeigt den Einfluß der Akteure. Es scheint, daß sich der Prozeß der Ressourcenvernichtung im Gebäudebestand eher beschleunigen wird, wenn der Aspekt der Ressourcenschonung nicht künftig auch auf Seiten der Immobilienbewirtschafter etabliert werden kann.

Der modulare Ansatz der hier vorgestellten **Modellierung** bietet durch die drei Modellteile - semantisch, räumlich und stofflich -, ein hohes Maß an Flexibilität. Die Modellteile können für vielfältige Untersuchungen an Gebäudebeständen auch unabhängig voneinander eingesetzt werden und bilden in jedem Fall eine gut strukturierte Grundlage für die statische Modellierung beliebiger Gebäudebestände. Diese lassen sich mittels der drei Modellteile zunächst strukturell abbilden; mit Hilfe des dynamischen Moduls können dann Veränderungen dargestellt werden. Durch die Vernetzung der Modellteile über die gemeinsame Datenbankstruktur ist eine optimale Nutzung der Daten gewährleistet. Dadurch wird auch eine parallele Bewertung verschiedener Parameter gewährleistet. Die flexibel wählbaren funktionalen Einheiten ermöglichen eine Anknüpfung an regionale oder Infrastrukturmodelle.

Wesentlicher **Forschungsbedarf** in Bezug auf fehlende Grundlagendaten für die strukturelle Analyse des Bestandes hinsichtlich der Alters- und Nutzungsstruktur wurde bereits in der Studie für die Enquete-Kommission identifiziert [ENQ 99]. Auch die Untersuchung der dynamischen Prozesse, deren Auslöser sowie Häufigkeit und Umfang sind für die Verbesse-

rung des in dieser Arbeit nur prinzipiell beschriebenen dynamischen Moduls künftig dringend erforderlich.

Das Problem der stukturellen Daten für die **Analyse** eines Gebäudebestandes ist ein zentrales Thema im Rahmen dieser Dissertation. Sie soll nun eine Grundlage liefern, die über den Aufbau einer einheitlichen Datenbasis weitere Untersuchungen auf verschiedenen Ebenen des Bestandes erlaubt. Das Modellgerüst sowie die Schritte, die für eine Bestandsmodellierung und anschließende Stoffstromberechnung erforderlich sind, wurden prinzipiell geschildert. Stoffstromanalysen wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht berechnet; es erfolgte auch keine detaillierte Untersuchung der dynamischen Prozesse.

Vertiefende **strukturelle Untersuchungen** dieser Arbeit zeigen, daß offensichtlich - schon allein aufgrund der prozentual annähernd gleichen Verteilung - für künftige Stoffstrombilanzen in jedem Fall der ganze Gebäudebestand, d. h. Wohn- und Nichtwohngebäude, untersucht werden muß.

Es hat sich gezeigt, daß bei der **Auswertung** großer Datenbestände wie ALB- und ALK-Datensätzen durchaus auch auf der Ebene von Ortsteilen strukturelle Unterschiede deutlich werden. Hier wäre in Zukunft zu untersuchen, inwieweit sich für Städte anderer Größenordnung ein ähnliches Bild zeigt, beziehungsweise strukturelle Veränderungen auftreten; dies wäre im Hinblick auf die detaillierte Nutzungsklassenverteilung der Nichtwohngebäude zu erwarten. So ließen sich einzelne Stadtstrukturtypen ermitteln; dies wäre auch ein denkbarer Ansatz, den Bestand an Gebäuden in Deutschland schrittweise zu ermitteln und zu analysieren.
Gerade für die Analyse eines räumlich definierten Bestandes hat sich der Einsatz eines Geoinformationssystems als außerordentlich hilfreich erwiesen. Vor allem der Einsatz bei der Erfassung der auf der ALK ersichtlichen strukturell homogenen Gebiete kann die Bestandsanalyse wesentlich beschleunigen.

Neben den hier vorgestellten **Datenanalysen** kann auch aus den Erfahrungen in anderen Forschungsprojekten festgestellt werden, daß es keine Art der Datenerhebung gibt, die allgemein den besten Weg darstellt. Die Relevanz bestimmter Attribute bei der Bestandsanalyse ist zwar unumstritten; aber je nach Bestand sind zunächst die Datenquellen zu analysieren, um dann aufgrund des Ziels der Untersuchung genau festzulegen, welche Daten mit welchem Genauigkeitsgrad erhoben werden müssen und welche als Kennwerte heranzuziehen sind. Der Zeitaufwand bei der

Datenerfassung kann immens sein, läßt sich aber durch eine geeignete Vorgehensweise erheblich reduzieren.

Die **Ergebnisse** der hier vorgestellten Untersuchungen sind nicht durchgängig verallgemeinerbar, sondern sollen lediglich Auswertungsmöglichkeiten aufzeigen, die dann in weiteren Untersuchungen auch mit statistisch relevanten Größen belegt werden können. Ein Verfahren hierzu wird in dem Projekt „Validierung eines dynamischen Gebäudebestandsmodells“ beschrieben [DFG 01]. Dort wurden Untersuchungen zur statistischen Genauigkeit eines Vorgehens bei der Datenerhebung ermittelt und ein allgemeingültiger Weg für die Datenerhebung aufgezeigt.
Im Rahmen dieser Dissertation standen die Methodik der Modellbildung sowie Möglichkeiten, die Datenerfassung für Untersuchungen zu optimieren, im Vordergrund.

Die Komplexität des Systems Gebäudebestand erfordert noch vielfältige Validierungen der einzelnen Modellteile durch separate Untersuchungen struktureller Phänomene, vor allem auch im Hinblick auf die Verwendbarkeit von bilanzierten Repräsentanten.
Gerade für solche Untersuchungen ist eine einheitliche Basis, wie sie in dieser Dissertation vorgestellt wird, zwingend erforderlich, um die Vergleichbarkeit und Bewertbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen.

Ein Aspekt, der unbedingt in künftigen Forschungen verfolgt werden sollte, ist die Verbindung zu „externen“ Daten. Gerade für die Identifikation von sensiblen Indikatoren können bestehende Zusammenhänge von Interesse sein. Hier wurde lediglich die Verbindung zu Flächenanalysen (Verkehrserschließung) und der Einwohnerzahl gezeigt. Die Betrachtung einer differenzierteren Einwohnerstruktur und der Einwohnerbewegungen ließen auch Rückschlüsse auf die Qualität und Erneuerungstätigkeit der Gebäude zu. Stünden diese Daten dann noch innerhalb eines Geoinfomationssystems zur Verfügung, so wären hier kombinierte Auswertungen der gebäudebezogenen räumlichen Struktur sowie der dazugehörigen Sozialstruktur möglich. Ebenso ist die Verbindung an Fernerkundungssystemen vor allem für die Ermittlung weiterer ökologischer Aspekte im Kontext von räumlich definierten Gebäudebeständen möglich, was eine interessante Perspektive für zukünftige Forschungsansätze darstellt.

Abkürzungsverzeichnis

A	Anstaltsgebäude, Nutzungsklasse
AdV	Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Bundesrepublik Deutschland
AK	Altersklasse
AK_1	Altersklasse 1, Baujahre bis 1870
AK_2	Altersklasse 2, Baujahre von 1871 bis 1918
AK_3	Altersklasse 3, Baujahre von 1919 bis 1948
AK_4	Altersklasse 4, Baujahre von 1949 bis 1965
AK_5	Altersklasse 5, Baujahre von 1966 bis 1978
AK_6	Altersklasse 6, Baujahre von 1979 bis 1995
ALB	Automatisiertes Liegenschaftsbuch
ALK	Automatisierte Liegenschaftskarte
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
ATKIS-OK	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem Objektartenkatalog
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BF	bebaute Fläche
BGF	Bruttogrundfläche
B-Plan	Bebauungsplan

BRI	Bruttorauminhalt
BMZ	Baumassenzahl
BWZ	Bauwerkzuordnungskatalog
B&V	Büro- und Verwaltungsgebäude, Nutzungsklasse
CML	Centre of Environmental Science, Leiden University, Netherlands
CO^2	Kohlendioxyd
CRB	Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung
CREM	Corporate Real Estate Management
DH	Doppelhaus, als Gebäudeeinheit Doppelhaushälfte
EFH	Einfamilienwohnhaus
FM	Facility Management
FNP	Flächennutzungsplan
GE	Gesamterneuerung
Geb.einh.	Gebäudeeinheit
GFZ	Geschoßflächenzahl
GIS	Geoinformationssystem
GRZ	Grundflächenzahl
HH	Hochhaus
ID	Eindeutige Identifikationsnummer
ISO	International Organization for Standardization

IWB	Informationsstelle für Wirtschaftliches Bauen (Baden-Württemberg)
KFA	Kostenflächenarten
L	Landwirtschaftliche Betriebsgebäude, Nutzungsklasse
LK	Liegenschaftskataster
MFH	Mehrfamilienhaus
MGF	Maßgebende Grundstücksfläche
n.e.	nicht erneuerbar
NF	Nutzfläche
NLB	Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude, Nutzungsklasse
NW	Nichtwohngebäude
ODBC	Open Database Connectivity
OSKA	Objektschlüsselkatalog
RH	Reihenhaus
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry; maßgeblich an der Ausgestaltung des Instruments Ökobilanzen beteiligte Organisation
SQL	Structured Query Language
StaBu	Statistisches Bundesamt
Stand.abw.	Standardabweichung
Stich	Stichprobe
SO	Sonstige Nichtwohngebäude, Nutzungsklasse

SVF	Siedlungs- und Verkehrsfläche
TE	Teilerneuerung
W	Wohngebäude
WR	reines Wohngebiet

Glossar

Abweichung	Stochastik: 1. die Differenz zwischen beobachteten und erwarteten (oder hypothetischen) Werten; 2. die Differenz zwischen dem Einzelwert einer statistischen Reihe und deren Mittelwert (Varianz). [BROCK 01]
Anbau	Mit einem Hauptbaukörper zusammenhängender Baukörper, der zur Erweiterung des Hauptbaukörpers durch Vergrößerung der bebauten Fläche dient, und in der Regel in Höhe und Breite vom Hauptbaukörper unterscheidbar ist. [FROM 78],
Anzahl	wird in den Tabellen gleichbedeutend mit der Anzahl „Gebäudeeinheiten“ verwendet
Aggregation	Zusammenführung von Daten, die bei unterschiedlichen Maßeinheiten auf eine gemeinsame Maßeinheit umgerechnet werden und so Abschätzungen über komplexe Zusammenhänge z. B. bei Ökobilanzen ermöglichen
Archetyp	kein reales Gebäude; muß auch nicht vollständig beschrieben sein; stoffliche Beschreibung kann beispielsweise über prozentuale Anteile erfolgen
Attribut	Eigenschaft, Merkmal eines Gebäudes
Baustoff	Sammelbegriff für Stoffe zur Fertigung von Bauteilen und Bauwerken. Natürliche Baustoffe werden aus natürlichen Vorkommen gewonnen, u.a. Bauholz, Kies, Sand, Naturstein, Lehm. Künstliche Baustoffe werden aus Rohstoffen durch Wärme- oder chemische Behandlung hergestellt, z. B. Stahl, Ze-ment, Glas, Keramik (Baukeramik). [BROCK 01]
Bauteil	Ein aus einem oder mehreren Baustoffen geformtes Erzeugnis, das geeignet ist, teil einer baulichen Anlage zu sein. [FROM78]

Erneuerung	Sammelbegriff für alle Maßnahmen an bestehenden Gebäuden, die der Verbesserung des Zustands dienen
ECO-Indikator	vollaggregierter Indikator, von CML entwickelte Bewertungsmethode
Gebäudeart	Klassifizierung, bezeichnet die Nutzung eines Gebäudes
Gebäudebestand	Menge von Gebäuden, die über mindestens ein Merkmal als System definiert sind
Gebäudeeinheit	physischer Gebäudeteil; kann einem Gebäude entsprechen, kann aber auch nur ein Teil (oder Bauabschnitt) eines Gebäudes sein; in Tabellen wird der Begriff Anzahl gleichbedeutend mit Gebäudeeinheit verwendet
Grundgesamtheit	(Gesamtheit, Masse, Population), Statistik: eine genau abgegrenzte Menge von Objekten, den statistischen Einheiten (z. B. Personen, Güter), die Träger von Merkmalen (wie Geschlecht, Preis) sind. [BROCK 01]
Haustyp	Klassifizierung bei Wohngebäuden, unterscheidet zwischen Einfamiliengebäude, Reihenhäusern, etc.
Instandsetzung	Maßnahmen an bestehenden Gebäuden, die der Wiederherstellung des ursprünglichen Wertzustands dienen
Modernisierung	Maßnahmen an bestehenden Gebäuden, die eine Anpassung an gestiegene Bedürfnisse befriedigt, Wertsteigerung
nicht-erneuerbare Rohstoffe:	Die Größe der "nicht-erneuerbaren Rohstoffe", wie sie im Indikator verwendet wird setzt sich zusammen aus der inländischen Entnahme (ohne Erzeugnisse) und der Einfuhr (einschließlich ihrer jeweiligen Erzeugnisse) von abiotischen (nicht erneuerbaren) Rohstoffen. Folgende Hauptgruppen sind enthalten: Energieträger (Kohle, Erdöl, Erdgas), Erze und deren Erzeugnisse , Mineralien und deren Erzeugnisse, Steine und Erde

Ökobilanz	Ökobilanzen analysieren den gesamten Lebensweg (Produktlinie) eines Produktes (Entnahme und Aufbereitung von Rohstoffen, Herstellung, Distribution und Transport, Gebrauch, Verbrauch und Entsorgung), analysieren die ökologischen Wirkungen und bewerten die längs des Lebensweges auftretenden Stoff- und Energieumsätze und die daraus resultierenden Umweltbelastungen [ENQ 93]
Primärenergieverbrauch (PEV)	Primärenergieverbrauch ist der Verbrauch der direkt in der Natur vorkommenden Primärenergieträger (PEV), wie Stein- und Braunkohle, Erdöl, Erdgas, Uran sowie erneuerbare Energiequellen. Diese Primärenergie wird zumeist in Kraftwerken, Raffinerien etc. in verbrauchsgerechte Formen, die Endenergie, umgewandelt (Strom, Fernwärme, Heizöl, Koks, etc.)
Referenzgebäude	Ein aus der Datenbank für einen Untersuchungszweck ausgewählte Gebäude bzw. Gebäudeeinheit, bildet die Grundlage für die Bildung von Kennwerten
Rekonstruktion	Wiederherstellung oder Nachbildung eines früheren Zustands
Renovierung	untergeordnete Maßnahmen an bestehenden Gebäuden, die nicht in die Grundsubstanz eines Gebäudes eingreifen
Repräsentant	Reales Gebäude, in allen drei Modellteilen komplett modelliert,
Ressourcen	Im weiteren Sinne alle Bestände der Produktionsfaktoren Arbeit, Boden und Kapital, die bei der Produktion von Gütern eingesetzt werden können. Im engeren Sinn werden unter Ressourcen das natürliche Kapital, Rohstoffe, Energieträger und Umweltmedien verstanden, wobei zwischen (bedingt) regenerierbaren und nicht regenerierbaren Ressourcen unterschieden werden kann. [ENQ 93; S. 300]
Restaurierung	Wiederherstellung eines früheren Zustands unter weitestgehender Wahrung vorhandener Substanz

Rohstoffproduktivität
: Gibt an, wie effizient eine Volkswirtschaft mit nicht erneuerbaren Rohstoffen umgeht. Sie wird ausgedrückt als das Verhältnis von Bruttoinlandsprodukt zum Verbrauch an nicht erneuerbaren Rohstoffen.

Sanierung
: Bauliche Maßnahmen zur Behebung bautechnischer Mängel, ohne wesentliche Eingriffe in die bestehende Gebäudesubstanz (vgl.: [SIA 269, Entwurf])

Sachbilanz
: Erarbeitung einer Datengrundlage für eine spätere Wirkungsbilanz; Kriterien und Systemgrenzen müssen festgelegt werden

Schätzwert
: Schätzung, Statistik: Verfahren zur annähernden Bestimmung unbekannter Maßzahlen beziehungsweise Parameter (z. B. Wahrscheinlichkeiten, Mittelwerte, Varianzen, Korrelationskoeffizienten) oder Dichten einer unbekannten Verteilung auf der Grundlage vorhandener Zahlenangaben aus Stichproben oder Zeitreihen durch einen Wert (Schätzwert). Das einfachste Beispiel ist die Schätzung des Erwartungswertes durch den Stichprobenmittelwert. [BROCK 01]

Signifikanz
: Von statistischer Signifikanz wird gesprochen, wenn aufgrund bestimmter Vereinbarungen (Festlegung des Signifikanzniveaus) und nach Durchführung einer Untersuchung sowie der damit verbundenen statistischen Berechnungen entschieden wird, daß gewisse empirisch festgestellte Sachverhalte trotz einer verbleibenden Irrtumswahrscheinlichkeit nicht mehr plausibel als zufallsbedingt erklärt werden können. [BROCK 01]

Standardabweichung
: vergl. „Varianz“

Stoffstrom
: Der Weg eines Stoffes von seiner Gewinnung als Rohstoff über die verschiedenen Stufen der Verwandlung bis zur Stufe des Endprodukts, den Gebrauch / Verbrauch des Produktes, ggf. seine Wiederverwendung / Verwertung bis zu seiner Entsorgung [ENQ 93; S. 301]

Siedlungs- und Verkehrsfläche;

Unter Siedlungs- und Verkehrsfläche versteht man im Gegensatz zur freien Fläche die durch Siedlung und Verkehr geprägte Fläche. Sie ergibt sich aus der Summe der verschiedenen Nutzungsarten von Boden:

- Gebäude- und Freifläche
- Betriebsfläche (ohne Abbauland)
- Erholungsfläche
- Verkehrsfläche
- Friedhofsfläche

Größte Anteile umfassen Gebäude- und Freifläche sowie Verkehrsfläche. Es ist demnach zu beachten, daß es sich bei der SVF nicht notwendigerweise um versiegelte (d. h. betonierte) Fläche handelt, da sie auch einen Teil nicht überbauter bzw. versiegelter Fläche beinhaltet kann.

Teilbestand — Bestimmte Anzahl von Gebäuden, bei denen neben der Systemdefinition des Bestandes aus dem sie hervorgehen, ein weiteres Merkmal übereinstimmt

Typengebäude — Gebäude, das aufgrund seiner Merkmale als typischer Vertreter eines Teilbestandes ausgewählt wird

Umbau — Änderung der Bausubstanz infolge veränderter Bedürfnisse ohne Volumenvergrößerung des Gebäudes (vgl.: [Empfehlung SIA 269, Entwurf])

Umnutzung — Bestehendes Gebäude wird einer neuen Nutzung zugeführt; meist mit Baumaßnahmen verbunden

Varianz

die (Streuung, mittlere quadratische Abweichung, früher Dispersion), Stochastik: Maß für die Abweichung der Merkmale einer Grundgesamtheit oder Stichprobe von deren Erwartungswert (Mittelwert). Für eine diskrete Zufallsgröße *x* mit dem Erwartungswert *E(x)* folgt für die Varianz:

$$\sigma^2 = E[(x - E(x))^2]$$

Als Stichprobenvarianz einer Stichprobe $x=(x_1,x_2,\ldots,x_n)$ mit dem Mittelwert $\bar{x}$ bezeichnet man die Zahl

$$s_x^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2$$

sie ist das wichtigste Streuungsmaß für eine Stichprobe. Die Größen σ beziehungsweise s_x (das heißt die Wurzel aus der Varianz) werden als Standardabweichung der Zufallsvariablen *x* beziehungsweise der Stichprobe *x* bezeichnet. [BROCK 01]

Wirkungsbilanz

Ermittlung der Umweltwirkungen aufgrund der im Rahmen einer Sachbilanz erhobenen Daten

Zeitreihenanalyse

Mit Hilfe der Zeitreihenanalyse wird eine Zeitreihe auf verschiedene, nicht direkt beobachtbare Einflußfaktoren (Komponenten) hin untersucht. Ziel ist es, längerfristige Trends und mittel- beziehungsweise kurzfristige Schwankungen im Beobachtungszeitraum zu erkennen, um auf dieser Grundlage Prognosen ableiten zu können[BROCK 01].

Literaturverzeichnis

[ADV 89] Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland; „ATKIS-Gesamtdokumentation, Stand 1.9.89, Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen, Bonn 1989

[BAD 01] BADER, Guido; SCHWAIGER, Bärbel; „Methoden zur Analyse von Gebäudebeständen, Alterungsmodelle und Prognose von Stoffströmen mit Anwendung auf den Gebäudebestand der Stadt Ettlingen", Arbeitsbericht zum DFG Projekt „Validierung eines dynamischen Modells des Deutschen Gebäudebestandes" in der Version vom Juni 2001, unveröffentlicht

[BAD 02] BADER, Guido; SCHWAIGER, Bärbel; „Statistische Methoden zur Analyse von Gebäudebeständen", Stadtforschung und Statistik, Ausgabe 1-2000

[BAC 96] BACCINI, Peter; BADER, Hans-Peter; „Regionaler Stoffhaushalt, Erfassung, Bewertung und Steuerung"; Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin 1996

[BAU 96] Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung; „Bauhandbuch nach NPK Bau" Band 1-5; CRB Zürich 1996

[BauNVO] „Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke"; (Baunutzungsverordnung - BauNVO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Januar 1990 (BGBl. 1 S. 132), zuletzt geändert am 22. April 1993 (BGBl. 1 S.466)

[BEW 94] Koordinationsgruppe des Bundes für Energie- und Ökobilanzen; „Energie- und Stoffflußbilanzen von Gebäuden während ihrer Lebensdauer"; Schlußbericht, EPFL-LESO, ifib Universität; Lausanne, Karlsruhe 1994

[BKI 01] BKI-Baukosteninformationszentrum (Hrsg.); „BKI-Objekte, A1 und A2; Altbau, Aktuelle Baukosten und Planungshilfen im Bild für Gebäude und Bauelemete - Erweiterungen, Umbauten, Modernisierungen, Instandsetzungen", Stuttgart, BKI 2001

[BMBau 94] Bundesbauministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.); „Richtlinien für die ingenieurtechnische Überwachung baulicher Anlagen“, Entwurf; Bonn 1994

[BMBau 01] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.); „Leitfaden Nachhaltiges Bauen“; Stand: Januar 2001

[BMUJF 96] Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie; „Materialflußrechnung Österreich - Gesellschaftlicher Stoffwechsel und nachhaltige Entwicklung“; Schriftenreihe des BMUJF, Band 2 Wien 1996

[BÖI 95] ETH-Zürich ESU; „Baustoffökoinventare“; Bern1995

[BOG 01] BOGENSTÄTTER, Ulrich; „Interdisziplinäres Modell zur Bewertung von Wohnstätten für [(schwer geistig] behinderte] Menschen in frühen Planungsphasen; Dissertation; Universität Karlsruhe, Fakultät für Architektur, 2001

[BOS 94] BOSSEL, Hartmut; „Modellbildung und Simulation, Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme“, 2., veränd. Aufl., Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden, 1994

[BRI 00] BRINGEZU, Stefan; „Ressourcennutzung in Wirtschaftsräumen - Stoffstromanalysen für eine nachhaltige Raumentwicklung“; Springer, Berlin Heidelberg 2000

[BROCK 01] Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG, 2001

[BUWAL 90] Bundesamt für Umwelt (Hrsg.): „Methodik für Ökobilanzen“, Schriftenreihe Umwelt Nr. 133; Bern, 1990

[BWZ 91] Zentralstelle für Bedarfsbemessung und Wirtschaftliches Bauen ZBWB, Baden Württemberg; „Bauwerkszuordnungskatalog“, im Auftrag des Finanzministeriums Baden Württemberg und des Ausschusses für staatlichen Hochbau der Bauministerkonferenz; Stand 01.09.1991

[DEUT 96] DEUTSCHER BUNDESTAG, 13. Wahlperiode; „Dritter Bericht über Schäden an Gebäuden“; Unterrichtung durch die Bundesregierung, Drucksache 13/3593 vom 25.01.1996

[DIN 276] Deutsches Institut für Normung; „Kosten im Hochbau“; Juni 1993

[DIN 277] Deutsches Institut für Normung; „Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau“, Teil 1: Begriffe, Ermittlungsgrundlagen, September 2000, Teil 2: Gliederung der Nutzflächen, Funktionsflächen und Verkehrsflächen (Netto-Grundfläche), Juni 1987, Teil 3: Mengen und Bezugseinheiten, Juli 1998

[DIN 18960] Deutsches Institut für Normung; „Nutzungskosten im Hochbau“, August 1999

[DIN 31051] Deutsches Institut für Normung; „Instandhaltung, Begriffe und Maßnahmen“; Januar 1985

[DIN 33926] Deutsches Institut für Normung; „Umweltmanagement, Ökobilanzen, Standardberichtsbogen“; Februar 1998

[DFG 97] BARTH, Bertram; SCHWAIGER; Bärbel; „Dynamisches Gebäudebestandsmodell zur Berechnung von Energiehaushalt, Stoffflüssen und Finanzbedarf für Investition und Betrieb“, Arbeitsbericht DFG Forschungsprojekt, ifib, Universität Karlsruhe, Juni 1997, nicht veröffentlicht

[DFG 98] BARTH, Bertram; SCHWAIGER; Bärbel; „Dynamisches Gebäudebestandsmodell zur Berechnung von Energiehaushalt, Stoffflüssen und Finanzbedarf für Investition und Betrieb“, Schlußbericht DFG Forschungsprojekt, ifib, Universität Karlsruhe, September 1999, nicht veröffentlicht

[DFG 01] BADER, Guido; SCHWAIGER, Bärbel; „Validierung eines dynamischen Modells des Deutschen Gebäudebestandes“, Zwischenbericht DFG Forschungsprojekt, ifib, Universität Karlsruhe, Juni 2001, nicht veröffentlicht

[ENQ 93] ENQUETE-KOMMISSION „Schutz des Menschen und der Umwelt“des 12. Deutschen Bundestages, Hrsg.; „Verantwortung für die Zukunft - Wege zum nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen“; Economica Verlag Bonn, 1993

[ENQ 97] ENQUETE-KOMMISSION „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages; Hrsg.: Deutscher Bundestag, Referat Öffentlichkeitsarbeit: “Konzept Nachhaltigkeit, Fundamente für die Gesellschaft von morgen“, Zwischenbericht, Bonner Universitätsdruckerei, Bonn 1997

[ENQ 98] ENQUETE-KOMMISSION „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages; Hrsg.: Deutscher Bundestag, Referat Öffentlichkeitsarbeit: “Konzept Nachhaltigkeit, Vom Leitbild zur Umsetzung“, Abschlußbericht, Bonner Universitätsdruckerei, Bonn 1998

[ENQ 99] ENQUETE-KOMMISSION „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages; Hrsg.: KOHLER, Niklaus; HASSLER, Uta; PASCHEN, Herbert; Bandherausgeber; „Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen“, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 1999

[FROM 78] FROMMHOLD, Peter; GAREIß Erwin; „Bauwörterbuch, Begriffsbestimmungenaus dem Bauwesen“; 2. überarb. und erweit. Auflage, Verlag Werner, Düsseldorf 1978

[GEMIS 98] FRITSCHE, Udo; RAUSCH, Lothar; SIMON, Karl-Heinz; „Umweltwirkungsanalyse von Energiesystemen: Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS)“; Endbericht im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit; Öko-Institut e.V.; Darmstadt 1998

[GEMIS 99] FRITSCHE, Udo; RAUSCH, Lothar; „Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS)“; Version 3.08; im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit; Öko-Institut e.V.; Darmstadt 1999

[GÖR 97] GÖRG, Horst; „Entwicklung eines Prognosemodells für Bauabfälle als Baustein von Stoffstrombetrachtungen zur Kreislaufwirtschaft im Bauwesen“, Dissertation, Hrsg.: Verein zur Förderung des Instituts WAR, Wasserversorgung, Abwassertechnik, Abfalltechnik, Umwelt und Raumplanung an der TU Darmstadt, Schriftenreihe WAR 98, Eigenverlag, 1997

[HAS 99] HASSLER, Uta; KOHLER, Niklaus; WANG, Wilfried; „Umbau - Über die Zukunft des Baubestandes“, Tübingen, Berlin Wasmuth 1999

[HEG 30] HEGEMANN, Werner; „Das steinerne Berlin“; Vieweg und Sohn Braunschweig, 2. Auflage 1976

[HER 77] HERRMANN, Rainer; „Baurestmassen im ökonomischen orientierten Planungs-, Bau- und Nutzungsprozeß“, Dissertation, Fachbereich Bauplanung und Fertigung der TU-Berlin, 1977

[HOF 98] HOFSTETTER, Patrik; TIETJE, O.:“Ökobilanzbewertungsmethoden, State of the art, Neuentwicklungen 1998, Perspektiven“ Nachbearbeitung des 6. Diskusionsforums Ökobilanzen vom 12.März 1998, ETH Zürich; Zürich 1998

[HOM 98] HOMANN, Klaus; „Instandhaltungsmanagement von Gebäuden“ in SCHULTE, Karl- Werner; SCHÄFERS, Wolfgang; (Hrsg.); „Handbuch corporate real estate management“; Verlag R. Müller, Köln 1998

[IEMB 98] IEMB; BV Dorotheenblöcke, „Ökologische Bewertung der verwendeten Baumaterialien“; Gutachterliche Stellungnahme, Berlin 1998

[INFRAS 96] INFRAS: MAUCH, U.; SCHEIDEGGER, A.; „Nachhaltigkeit des Bauens in der Schweiz“, Zürich 1996

[IPBAU 91] BUNDESAMT FÜR KONJUNKTURFRAGEN, „Bauerneuerung - Was tun?“, Bern 1991

[IPBAU 92] BUNDESAMT FÜR KONJUNKTURFRAGEN, „Gebäudebewirtschaftung - Methoden des baulichen Unterhalts und der Erneuerung“, Bern 1992

[IPBAU 94] BUNDESAMT FÜR KONJUNKTURFRAGEN, „Siedlungsentwicklung durch Erneuerung“, Bern 1994

[IPBAU 94_2] BUNDESAMT FÜR KONJUNKTURFRAGEN; „Alterungsverhalten von Bauteilen und Unterhaltskosten“, Grundlagendaten für den Unterhalt und die Erneuerung von Wohnbauten, Bern 1994

[IPBAU 95] BUNDESAMT FÜR KONJUNKTURFRAGEN; „Grobdiagnose, Zustandserfassung und Kostenschätzung von Gebäuden, Bern 1995

[IWU 90] Institut für Wohnen und Umwelt; „Energiesparpotentiale im Gebäudebestand“, Studien zur Energiepolitik, Hessisches Ministerium für Wirtschaft und Technik, IWU Darmstadt, 1990

[KLI 99] KLINGELE, Martina; „Integration von lebenszyklusbezogenen Bewertungsmethoden in den Planungsprozeß“; Dissertation; Universität Karlsruhe, Institut für Industrielle Bauproduktion 1999

[KLO 98] KLOFT, Harald; „Untersuchungen zu den Material- und Energieströmen im Wohnungsbau“; Dissertation; Bericht Nr. 15, TU Darmstadt, Institut für Statik, 1998

[KOBEK 96] KOHLER et al.; „Methode zur kombinierten Berechnung von Energiebedarf, Umweltbelastung und Baukosten in frühen Planungsstadien“; Schlußbericht; ifib Uni Karlsruhe, Bauhausuniversität Weimar, 1996

[KOR 99] MÜLLER; KORDA, Martin; „Städtebau“; Hrsg.: KORDA, Martin; B.G.Teubner Stuttgart Leipzig, 1999

[KOH 92] KOHLER, Niklaus; LÜTZKENDORF, Thomas; „Handbuch zur Erstellung von Energie- und Schadstoffbilanzen von Gebäuden“; Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern 1992

[KOH 94] KOHLER, Niklaus et.al; Koordinationsgruppe des Bundes für Energie- und Ökobilanzen; „Energie und Stoffflußbilanzen von Gebäuden während ihrer Lebensdauer“, Schlußbericht, Zürich 1997

[KOH 95] KOHLER, Niklaus; KLINGELE, Martina; „Ökobilanzierung im Bauwesen“, Bundesbaublatt Heft 8, August 1995

[KOH 97] KOHLER, Niklaus et.al.; „Simulation of energy and massflows of buildings during their life cycle“; in „Buildings and Environment“ Conference Proceedings, CSTB Paris 1997

[KOH 98] KOHLER, Niklaus; SCHWAIGER, Bärbel; „Sustainable Management of Buildings and Building Stocks“; in „Green Building Challenge ’98“, Conference Proceedings GBC Vanvouver 1998

[KOH 00] KOHLER, Niklaus; „Skript zur Vorlesung Integrale Planung“, Wintersemester 2000/2001 Teil B, ifib Karlsruhe, 2000

[KRI 96] KRIEGER, David J.; „Einführung in die allgemeine Systemtheorie“; W. Fink Verlag München, 1996

[KRU 85] KRUG, Klaus-Eberhard; „Wirtschaftliche Instandhaltung von Wohngebäuden durch Methodische Inspektion und Instandsetzungsplanung“; Dissertation, Fachbereich Bauingenieur- und Vermessungswesen, TU Braunschweig 1985

[KrW-/AbfG 94] „Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und der Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen“; Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG); vom 27. September 1994, veröffentlicht im Bundesgesetzblatt am 6. Oktober 1994

[KRW 94] „Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und der Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen“, Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-AbfG); vom 27. September 1994, veröffentlicht im Bundesgesetzblatt am 06.10.1994

[LBB 95] Landesinstitut für Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung (LBB) des Landes Nordrhein-Westfahlen (Hrsg.); „Geplante Instandsetzung“; Aachen 1995

[LEGOE 00] KÖNIG, Holger et. al.; „Umweltorientierte Planungsinstrumente für den Lebenszyklus von Gebäuden (LEGOE)"; Schlußbericht DBU-Forschungsprojekt, Dachau 1999

[MAK 97] MAK, J.; ANINK, D.; KNAPEN, M.; „ECO-QUANTUM, development of LCA based tools for buildings"; in „Buildings and Environment" Conference Proceedings, CSTB Paris 1997

[MAU 81] MAUSBACH, Hans; „Städtebaukunde der Gegenwart, Planung und städtebauliche Gestaltung der Gegenwart", Werner, Düsseldorf 1981

[MEY 81] Meyers Großes Taschenlexikon, Band 18, Hrsg.: Lexikonredaktion des Bibligraphischen Instituts, Mannheim, Wien, Zürich 1981

[MES 69] MESAROVIC, M.D.; MACKO, D.; „Foundations for a Scientific Theory of Hierarchical Systems", in: WHITE; WISON; WILSON; Hrsg.; „Hierarchical Structures"; New York, 1969; S. 29-50

[MOE 95] MOEWES, Günther; „Weder Hütten noch Paläste - Architektur und Ökologie in der Abeitsgesellschaft"; Birkhäuser, Basel 1995

[MOF 97] MOFFATT, Sebastian; „Methods and tools for creating effective sustainable development guidelines for building and the community level"; in „Buildings and Environment" Conference Proceedings, CSTB Paris 1997

[MOF 98] MOFFATT, Sebastian; „Green buildings in a Green Context: Specifying Environmental Performance at the community Scale"; in „Green Building Challenge '98", Conference Proceedings GBC Vanvouver 1998

[MOF 00] MOFFATT, Sebastian; „Sustainable integration of infrastructure ans buildings; opportunities for on-site systems and implications for design practice" in „Sustainable Building", Conference Proceedings, Maastricht 2000

[MUR 97] MURFELD, Egon; Hrsg.; „Spezielle Betriebswirtschaftslehre der Grundstücks- und Wohnungswirtschaft“, Hammonia-Verlag Hamburg, 1997

[MYH 95] MYHRE, Lars; „Some Environmental and Economic Aspects of Energy Saving Measures in Houses“; Thesis; NTH Trondheim, Department of building and Construction Engeneering, 1995

[NAWO 01] Institut für Ökologische Raumentwicklung; „Nachhaltige Entwicklung des Wohnungsbestandes in sächsischen Groß- und Mittelstädten“, Schlußbericht Dresden, 2001

[ÖKO 98] Öko - Institut; „Stoffflußbezogene Bausteine für ein nationales Konzept der nachhaltigen Entwicklung“; Schlußbericht zum Vorhaben FKZ-Nr. 295 92 148 für das Umweltbundesamt; Darmstadt, Freiburg, Berlin 1998

[OGIP 96] KOHLER et al.; „OGIP / DATO Optimierung von Gesamtenergieverbrauch, Umweltbelastung und Baukosten“; Schlußbericht; ifib Uni Karlsruhe, 1996

[PEUP 97] PEUPORTIER, Bruno; KOHLER, Niklaus; BOONSTRA, Chiel; „European project REGENER, life cycle analysis of buildings“; in „Buildings and Environment“ Conference Proceedings, CSTB Paris 1997

[ROP 77] ROPOHL, Günter; „Eine Systemtheorie der Technik - Zur Grundlegung der Allgemeinen Technologie“; Habilitationsschrift; Universität Karlsruhe, Fakultät für Geistes- und Sozialwissenschaften, 1977

[SAU 97] SAURER, Helmut; BEHR, Franz-Josef; „Geographische Informationssysteme - Eine Einführung“, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1997

[SCHÄ 98] SCHÄFERS, Wolfgang; „Corporate Real Estate Management in deutschen Unternehmen: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung“ in SCHULTE, Karl- Werner; SCHÄFERS, Wolfgang; (Hrsg.); „Handbuch corporate real estate management“; Verlag R. Müller, Köln 1998

[SCHM 93] SCHMIDT-BLEEK, Friedrich; „Wieviel Umwelt braucht der Mensch?; MIPS - das Maß für ökologisches Wirtschaften“; Birkhäuser Berlin, Basel, Boston 1993

[SCHU 98] SCHULTMANN, Frank; „Kreislaufführung von Baustoffen, Stoffflußbasiertes Projektmanagement für die operative Demontage- und Recyclingplanung von Gebäuden“; Dissertation TU Karlsruhe; Baurecht und Bautechnik, Band 10, Hrsg.: BREITSCHEID, Günter; DÜTZ, Wilhelm; SCHOLZ, Rupert, SONNENBERGER, Hans-Jürgen; WILKE, Dieter; Erich Schmidt Verlag Berlin, 1998

[SCHUB 85] SCHUB, Adolf; STARK, Karlhans; „Life cycle cost von Bauobjekten: Methode zur Planung von Erst- und Folgekosten“, Schriftenreihe der Gesellschaft für Projektmanagement; Verlag TÜV Rheinland, Köln 1985

[SCHUL 98] SCHULTE, Karl- Werner; SCHÄFERS, Wolfgang; „Einführung in das Corporate Real Estate Management“ in SCHULTE, Karl- Werner; SCHÄFERS, Wolfgang; (Hrsg.); „Handbuch corporate real estate management“; Verlag R. Müller, Köln 1998

[SCHW 97] SCHWAIGER, Bärbel; KOHLER, Niklaus; „Massflow, energy flow and costs of the German building stock“; in „Buildings and Environment“ Conference Proceedings, CSTB Paris 1997

[SETAC 92] Society of Environmental Toxicology and Chemistry - Europe; „Life-Cycle Assessment“, SETAC Brüssel 1992

[SETAC 96] Society of Environmental Toxicology and Chemistry - Europe; „Towards a methodology for Life-Cycle Impact Assessment“, SETAC Brüssel 1996

[SfN 78] Statistisches Bundesamt; „Signierschlüsselverzeichnis für Nichtwohngebäude“; Wiesbaden 1978

[SIRADOS] Edition AUM; „SIRADOS, Baudaten für Kostenplanung und Ausschreibung“; PIB Privates Institut für Bauforschung, Dachau (Hrsg.)

[STA-BU] Statistische Bundesamt, Berlin, Wiesbaden; http://www-zr.destatis.de/zeitreih/def/definhb.htm

[VES 83] VESTER, Frederic; „Ballungsräume in der Krise - Vom Verstehen und Planen menschlicher Lebensräume“; DTV München, 2. Auflage 1986

[VFL] Staatliche Vermessungsverwaltung Baden-Württemberg; „Verwaltungsvorschrift für die Führung des Liegenschaftsbuches mit automatischer Datenverarbeitung“, Anlage 2 und 6

[WEI 95] WEIZSÄCKER, Ernst Ulrich von; LOVINS, Amory B.; LOVINS, L. Hunter; „Faktor Vier, Doppelter Wohlstand - halbierter Naturverbrauch“, Der neue Bericht an den Club of Rome, Droemer Knaur München, 1995

[WertR 76] „Wertermittlungsrichtlinien“; Beilage zum Bundesanzeiger Nr. 146, 1976

[WÖR 97] WÖRNER, Johann-Dietrich; KLOFT, Harald; „Untersuchungen zum Baustoffeinsatz und zu den Primärenergieinhalten von Wohngebäuden verschiedenen Baualters“, Forschungsbericht, Institut für Statik, TU-Darmstadt 1997

[WÜE 89] WÜEST, Hannes; GABATHULER, Christian; „Bauwerk Schweiz“, Zürich 1989

[WÜE 95] WÜEST & PARTNER, Rauminformation; „Flächennutzung der Industrie 1991 und Perspektiven zum Flächenbedarf bis 2005“; Schlußbericht, Industriebau Engineering AG, Zürich 1995

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1: Prinzipielles Verhältnis von In- und Output im Gebäudebestand 5

Abb. 1.2: Ausgewählte Zieldimensionen für den Bereich „Bauen und Wohnen" [ENQ 98; S.234] 7

Abb. 1.3: Mehrkriterielle Bewertung, alle Werte liegen im Zielraum 9

Abb. 1.4: Entwicklung von Sonderabfällen und ausgewählten Umweltindikatoren hervorgerufen durch den Gebäudebestand, Szenarioberechnung basierend auf 1991 (ohne Nutzung) 10

Abb. 1.5: Überlagerung und Relationen der Systeme „Stadt", „Infrastruktur" und „Gebäudebestand" 14

Abb. 1.6: Baufertigstellung in der BRD von 1960 bis 1994 in mio m^3 BRI 15

Abb. 1.7: Bauwerkskosten der Baufertigstellungen in Mrd DM [STABU] .. 16

Abb. 1.8: Gebäudeabbrüche 1980 bis 1986 nach Alterklassen des Baujahrs 17

Abb. 2.1: Funktionales Konzept nach [ROP 77] 22

Abb. 2.2: Strukturales Konzept nach [ROP 77] 23

Abb. 2.3: Hierarchisches Konzept nach [ROP 77] 23

Abb. 2.4: Mögliche Definition räumlicher Systemgrenzen 25

Abb. 2.5: Zeitliche und funktionale Systemgrenzen 26

Abb. 3.1: Hierarchieebenen Gebäudebestand, Gebäude und Elemente ... 36

Abb. 3.2: Interne Relationen und externe Parameter in Abhängigkeit von der Systemdefinition 37

Abb. 3.3: Räumliche Systemgrenze „Gebäude" 41

Abb. 3.4: Räumliche Systemgrenze „Grundstück" 41

Abb. 3.5: Beziehung zwischen den zeitlichen Systemgrenzen „Gebäudelebenszyklus" und „Materiallebenszyklus" 42

Abb. 3.6: Wandlungsprozesse und „Lagerung" im Materiallebenszyklus . 43

Abb. 3.7: Systemelemente „Bauelement" und „Raum" 45

Abb. 3.8: Unterschiedlicher Alterungsverlauf der Bauteile „Verputz" und „Flachdach" nach [IPBAU 94] 48

Abb. 3.9: Prinzipieller Erneuerungsprozeß von Gebäuden in der Nutzungsphase 49

Abb. 3.10: Gliederung der Erneuerungsmaßnahmen 50

Abb. 3.11: Inhaltliche Verknüpfung der [DIN 31051] und [DIN 18960] 51

Abb. 3.12: Prinzipielle Qualität der Maßnahmen am Gebäude 53

Abb. 3.13: Srukturelle Hierarchie im System Gebäude 54

Abb. 3.14: Erneuerungsfrequenzen im Primär-, Sekundär- und Tertiärsystem 55

Abb. 3.15: Anteile (von-bis) der Baustoffmassen und Primärenergieaufwand in der Primärstruktur [WÖR 97], [KLO 98] 56
Abb. 3.16: Überlagerung der Ressoucenflüsse für eine integrierte Betrachtung nach [KOH 00] 57
Abb. 3.17: Prinzipielles Verhalten der Stoffe im System 59
Abb. 3.18: Beispiel für durchschnittlichen Stoffstrom je Phase pro m² Nutzfläche von 16 Mehrfamiliengebäude Baujahr 1975 - 1993 59
Abb. 3.19: Prinzipielles Verhalten der Energieträger im System 60
Abb. 3.20: Prinzipielles Verhalten des Trinkwassers im System 60
Abb. 3.21: Beispiel für durchschnittlichen Energieverbrauch je Phase pro m² Nutzfläche von16 Mehrfamiliengebäude Baujahr 1975 - 1993 61
Abb. 3.22: Beispiel für durchschnittliche Kosten je Phase pro m² Nutzfläche (Input Bauwerkskosten und Betrieb) für Mehrfamilienhäuser, (eigene Berechnungen) 62
Abb. 3.23: Paradigmenwechsel im Immobilienmanagement nach [SCHÄ 98] 65
Abb. 3.24: Einflußkategorien für die Bestandsbewirtschaftung 65
Abb. 3.25: Folgeerscheinungen aufgrund unterschiedlicher Instandhaltung 66
Abb. 3.26: Wirken verschiedener Akteure auf ein System 67
Abb. 3.27: Einflußfaktoren auf die Akteure 68
Abb. 3.28: Wirkung unterschiedlicher Faktoren auf die technische Lebensdauer und wirtschaftliche Nutzungsdauer 69
Abb. 3.29: Drei prinzipielle Strategien der Bewirtschaftung n. [IPBAU 91] .. 71
Abb. 3.30: Prinzipielles Management von Gebäudebeständen nach [KOH 98] 72
Abb. 3.31: Prinzipielle Auswirkungen der Maßnahmen auf den Ressourcenverbrauch für ein Gebäude [KOH 98] 73
Abb. 4.1: Typologischer Modellansatz 77
Abb. 4.2: Modularer Modellansatz 80
Abb. 4.3: Prinzipielle Beziehung zwischen Anzahl der Gebäude und Detaillierungsgrad 82
Abb. 4.4: Beziehung der Modellkomponenten für die Statische Modellierung 83
Abb. 4.5: Stoffliches Gebäudemodell 84
Abb. 4.6: Datenverknüpfung zwischen Element und Materialdaten 86
Abb. 4.7: Ausschnitt aus der Datenverknüpfung auf Ebene „Material“ ... 87
Abb. 4.8: Räumliches Gebäudemodell 88
Abb. 4.9: Semantisches Gebäudemodell 89
Abb. 4.10: Stoffffluß während der Gebäudelebensdauer 92
Abb. 4.11: Modellierung des Stoffflusses für die Instandhaltung 92

Abb. 4.12: Bildung der Erneuerungspakete 93
Abb. 4.13: Klassifizierung der Referenzgebäude 95
Abb. 4.14: Vereinigungsmenge „Bestand" mit Teilmengen „Teilbestände" 97
Abb. 4.15: Bildung von realen Gebäudeteilbeständen für die Analyse 98
Abb. 4.16: Bildung von abstrakten Teilbeständen 100
Abb. 4.17: Beispiel für die Auswahl von Referenzgebäuden zur Bildung von Kennzahlen 104
Abb. 4.18: Künstliche Alterung eines Teilbestandes 106
Abb. 4.19: Modifizierte Alterungsfrequenzen der Gebäude innerhalb eines Teilbestandes 107
Abb. 4.20: Streuung und Frequenz einer Normalverteilung..... 108
Abb. 4.21: Alterung von einem Gebäude und einem Teilbestand..... 108
Abb. 4.22: Beispiel für die Ermittlung des Stoffflusses in einem Referenzjahr 108
Abb. 4.23: Beispiel für elementbezogene Maßnahmen basierend auf dem Gebäudealter..... 109
Abb. 4.24: Bestimmung des Investitionszeitraums für Gebäude oder Maßnahmen aufgrund der Restlebensdauer bestimmt durch Zustandscodes 110
Abb. 5.1: Zusammenhang der Flächennutzung zwischen B-Plan und FNP 119
Abb. 5.2: Prinzipielle Datenbankstruktur für die Modellteile..... 123
Abb. 5.3: Ausschnitt der Zuordnung von Fein-, Grob- und Makroelementen 126
Abb. 5.4: Zwei Gebäudeeinheiten in einem Mehrfamilienwohnhaus..... 129
Abb. 5.5: Zwei Gebäudeeinheiten: Wohnhaus mit Anbau..... 129
Abb. 5.6: Gebäudekomplex aus 12 Gebäudeeinheiten..... 130
Abb. 5.7: Auszug aus der Transformationstabelle ALB zu Nutzungsklassen nach STABU 133
Abb. 5.8: Verschiedene Gebäude auf einem Flurstück..... 136
Abb. 5.9: Ein Gebäude auf mehreren Flurstücken 136
Abb. 5.10: Mehrere Gebäude auf einem Flurstück mit der selben Adresse 137
Abb. 5.11: Zwei Gebäudeeinheiten mit unterschiedlichen Adressen in einem Mehrfamiliengebäude auf einem Flurstück..... 137
Abb. 5.12: Datenzuordnung bei Nutzung verschiedener Datenquellen.... 137
Abb. 5.13: Zuordnung der Gebäudedaten zu graphischen Objekten..... 139
Abb. 5.14: Anbindung einer externen Datenbank an ein GIS 140
Abb. 5.15: Das Flurstück als Verbindungsobjekt zu den Gebäudedaten... 140
Abb. 5.16: Datenerfassung mit Hilfe eines GIS..... 141
Abb. 6.1: Nutzungsklassenverteilung der vier Städte incl. Ortsteile..... 145
Abb. 6.2: Prozentuale Nutzungsklassenverteilung der vier Städte incl. Ortsteile 145

Abb. 6.3: Nutzungsklassenverteilung der vier Städte incl. Ortsteile ohne Garagen 146
Abb. 6.4: Nutzungsklassenverteilung für Ettlingen und Ortsteile 147
Abb. 6.5: Prozentuale Nutzungsklassenverteilung für Ettlingen und Ortsteile 147
Abb. 6.6: Prozentuale Nutzungsklassenverteilung für Ettlingen und Ortsteile ohne Garagen 148
Abb. 6.7: Prozentuale Nutzungsklassenverteilung 148
Abb. 6.8: Prozentuale Verteilung der Nutzungsklassen für Ettlingen und Ortsteile 149
Abb. 6.9: Nutzungsklassenverteilung nach Gebäudeeinheiten absolut, incl. Ortsteile 151
Abb. 6.10: Flächenanalyse, Problem der Flurstücksbegrenzung „Verkehr" 152
Abb. 6.11: Prozentuale Flächennutzung in Ettlingen und Ortsteilen 153
Abb. 6.12: Siedlungs- und Verkehrsflächen in Ettlingen und Ortsteilen... 154
Abb. 6.13: Verhältnis der Siedlungsflächen zu den Verkehrsflächen in Ettlingen 155
Abb. 6.14: Verhältnis der freien zur bebauten Siedlungsfläche in Ettlingen 155
Abb. 6.15: Flächennutzung Ettlingen Kernstadt 156
Abb. 6.16: Ergebnis der Klassenverteilung aus der ALB-Auswertung für die Kernstadt Ettlingen 157
Abb. 6.17: Prozentuale Verteilung der Gebäudeeinheiten und des BRI's der Wohnungsstichprobe nach Altersklassen 160
Abb. 6.18: Prozentuale Verteilung der Wohngebäude nach Altersklassen 161
Abb. 6.19: Mittelwerte der Wohngebäude nach Altersklassen..... 161
Abb. 6.20: Verteilung von BF und BRI der Wohngebäudestichprobe innerhalb der Altersklassen, ohne Hochhäuser und getrennt nach Einfamiliengebäuden und Mehrfamiliengebäuden 162
Abb. 6.21: Mittelwerte nach Altersklassen der Wohngebäudestichprobe, ohne Hochhäuser und getrennt nach Einfamiliengebäuden und Mehrfamiliengebäuden 163
Abb. 6.22: Verteilung der Vollgeschosse nach Altersklassen der Wohngebäudestichprobe 164
Abb. 6.23: Verteilung der Vollgeschosse auf die Gebäudeeinheiten in den Altersklassen 164
Abb. 6.24: GFZ und GRZ ermittelt auf Basis der Wohgebäude-Stichprobe 165
Abb. 6.25: Verteilung der erhobenen Gebäude in 25-Jahr Intervallen 165
Abb. 6.26: Verteilung BRI und BF nach Altersklassen aus NLB-Stichprobe 167
Abb. 6.27: Prozentuale Verteilung von BRI und BFaus NLB-Stichprobe..... 167

Abb. 6.28: Prozentuale Verteilung Anzahl [Geb.einh.] und BRI aus NLB-Stichprobe 167
Abb. 6.29: Verteilung der Vollgeschosse aus NLB-Stichprobe 168
Abb. 6.30: Prozentuale Verteilung der Vollgeschosse 168
Abb. 6.31: Vergleich der Altersklassenverteilung der Geb.einh. beider Stichproben.....169
Abb. 6.32: Vergleich der Altersklassenverteilung des BRI's beider Stichproben..... 169
Abb. 6.33: Altersklassenverteilung von 5 Nutzungsklassen in Ettlingen, Ergebnis aus Stichproben..... 170
Abb. 6.34: Verhältnis Gebäudeeinheiten zu BF, Ergebnis aus Überlagerung der Berechnung BF aus ALK und Nutzung aus ALK 171
Abb. 6.35: Prozentuale Verteilung der Gebäudeeinheiten nach Nutzungsklassen aus ALK-Auswertung 172
Abb. 6.36: Prozentuale Verteilung der bebauten Fläche nach Nutzungsklassen aus ALK-Auswertung 172
Abb. 6.37: Standardabweichung der BF innerhalb der Nutzungsklassen..... 173
Abb. 6.38: Verteilung der Wohnengebäude in Größenklassen der bebauten Fläche 173
Abb. 6.39: Verteilung der Garagen in Größenklassen der bebauten Fläche 174
Abb. 6.40: Ergebnis der Überlagerung ALK-Nutzung mit B-Plan, NLB ohne Garagen 176
Abb. 6.41: Prozentuale Verteilung aus den Stichproben im Vergleich zu Ermittlung aus B-Plan (7271 Gebäudeinheiten) 176
Abb. 6.42: Vergleich der Altersklassenverteilung der Wohngebäude zwischen Stichprobe und dem Ergebnis aus der Überlagerung B-Plan mit ALK-Nutzung 177
Abb. 6.43: Vergleich der Altersklassenverteilung der landwirtschaftlichen Betriebsgebäude zwischen „Stichprobe" und dem Ergebnis aus der Überlagerung B-Plan mit ALK-Nutzung 178
Abb. 6.44: Vergleich der Altersklassenverteilung der nichtlandwirtschaftlichen Betriebsgebäude zwischen Stichprobe und dem Ergebnis aus der Überlagerung B-Plan mit ALK-Nutzung 178
Abb. 6.45: Verteilung der BF von 1127 NLB aus der ALK..... 179
Abb. 6.46: Gegenüberstellung der Analyse mit und ohne Ausreißer BF für AK_6; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan 180
Abb. 6.47: Analyse BF; Standardabweichung innerhalb der Altersklassen aus der Überlagerung ALK und B-Plan ohne Ausreißer 180
Abb. 6.48: Analyse BF Wohngebäude; Standardabweichung innerhalb der Altersklassen aus der Überlagerung ALK und B-Plan 181
Abb. 6.49: Analyse BF NLB; Standardabweichung innerhalb der Altersklassen aus der Überlagerung ALK und B-Plan..... 181

Abb. 6.50: Ergebnis der ALK-Plan Auswertung, alle Gebäudeeinheiten nach Altersklassen 182
Abb. 6.51: Ergebnis der ALK-Plan Auswertung, BF alle Gebäudeeinheiten nach Altersklassen 182
Abb. 6.52: Altersverteilung von BF und NF des Teilbestands „Wohnungsbaugesellschaften" 183
Abb. 6.53: Mittelwerte nach Altersklassen von BF und NF des Teilbestands „Wohnungsbaugesellschaften" 183
Abb. 6.54: Gegenüberstellung von Gebäudeeinheiten, BF und NF des Teilbestands „Wohnungsbaugesellschaften" 184
Abb. 6.55: Standardabweichung nach Alterklassen von BF und NF des Teilbestands „Wohnungsbaugesellschaften" 184
Abb. 6.56: Verhältnis zwischen BF, NF und Gebäudeeinheiten innerhalb der Altersklassen für den Teilbestand „Wohnungsbaugesellschaften" 185
Abb. 6.57: Altersverteilung BF und NF des Teilbestandes „Wohnungsbaugesellschaften" in 25-Jahre Intervallen 185
Abb. 6.58: Gegenüberstellung Einwohner zu Gebäudeeinheiten 186
Abb. 6.59: Verhältnisse Einwohner zu Teilbeständen 187
Abb. 6.60: Verhältnisse Einwohner zu Teilbeständen für Ettlingen und Ortsteile 187
Abb. 6.61: Verteilung der Maßnahmen innerhalb 10-Jahres Intervallen .. 189
Abb. 6.62: Intervalle in Jahren der Maßnahmen ab Baujahr 189
Abb. 6.63: Maßnahmenintervalle von 10-60 Jahre nach Baujahr, aus Wohngebäudestichprobe 190
Abb. 6.64: Zeitraum bis zur Erstmaßnahme nach Baujahr aus Wohngebäudestichprobe 191
Abb. 6.65: Durchschnittliche Maßnahmen pro Gebäude nach Baualter aus Wohngebäudestichprobe 192
Abb. 6.66: Maßnahmen total nach Baujahr aus Wohngebäudestichprobe 192
Abb. 6.67: Altersverteilung der Gebäude in 5-Jahresintervallen aus Wohngebäudestichprobe 193
Abb. 6.68: Abbruch und Neubautätigkeit von 1990 bis 2000 aufgrund der Bauaktenauswertung 194
Abb. 6.69: Bautätigkeit nach Maßnahmen von 1990 bis 2000 aufgrund der Bauaktenauswertung 194
Abb. 6.70: Maßnahmen an bestehenden Gebäuden von 1990 bis 2000 aufgrund der Bauaktenauswertung 195
Abb. A3.1: Verteilung der Gebäudeeinheiten für Ettlingen und Ortsteile; Ergebnis der ALB Auswertung 277
Abb. A3.2: Ergebnis der ALB-Auswertung, Verteilung der Nutzungsklassen nach Gebäudeeinheiten für Ettlingen und Ortsteile 280

Abb. A3.3: Ergebnis der ALB-Auswertung für Bühl und Ortsteile nach Gebäudeeinheiten 281

Abb. A3.4: Verteilung der Gebäudeeinheiten für Bühl und Ortsteile; Ergebnis der ALB Auswertung 282

Abb. A3.5: Prozentuale Verteilung der Gebäudeeinheiten aus dem ALB für Bühl und Ortsteile 283

Abb. A3.6: Prozentuale Verteilung der Gebäudeeinheiten ohne Garagen aus dem ALB für Bühl und Ortsteile 283

Abb. A3.7: Verteilung der Siedlungsflächen in Ettlingen und Ortsteilen....286

Abb. A3.8: Verteilung der Siedlungs- und Verkehrsflächen in Ettlingen und Ortsteilen 287

Abb. A3.9: Prozentuale Verteilung der freien und bebauten Siedlungsflächen 287

Abb. A3.10:Prozentuale Verteilung der Verkehrs- und Siedlungsflächen .. 288

Abb. A3.11:Prozentuale Gegenüberstellung der Gebäudeeinheiten und BF nach Nutzungsklassen für Ettlingen; Ergebnis aus ALK -Auswertung 290

Abb. A3.12:Gegenüberstellung der Gebäudeeinheiten und BF für Ettlingen; Ergebnis aus B-Plan überlagerung mit ALK..... 290

Abb. A3.13:Prozentuale Gegenüberstellung der Gebäudeeinheiten und BF für Ettlingen; Ergebnis aus B-Plan überlagerung mit ALK..... 291

Abb. A3.14:Ergebnis der Verteilung von BF und BRI der Wohngebäude Stichprobe 297

Abb. A3.15:Verteilung der Vollgeschosse der Wohngebäude Stichprobe . 298

Abb. A3.16:Gegenüberstellung der prozentualen Verteilung von BRI und BF aus Wohngebäude Stichprobe nach Altersklassen..... 298

Abb. A3.17:Gegenüberstellung BRI und BF der Wohngebäude aus Stichprobe..... 299

Abb. A3.18:Verteilung von GFZ und GRZ der Wohngebäude aus der Stichprobe in 25-Jahres Intervallen 302

Abb. A3.19:Prozentuales Verhältnis der BF zu BRI der Wohngebäude aus Stichprobe.....303

Abb. A3.20:Prozentuales Verhältnis des BRI's nach Haustypen der Wohngebäude aus Stichprobeaus.....303

Abb. A3.21:Prozentuales Verhältnis der BF nach Haustypen der Wohngebäude aus Stichprobeaus.....304

Tabellenverzeichnis

Tab. 1.1: Energieverbrauch nach Wirtschaftsbereichen im Inland [STABU] ..5
Tab. 3.1: Zuordnung der Prozesse zu den Phasen 47
Tab. 3.2: Beispiele für durchschnittliche Nutzungsdauern bis zum Ersatz von Bauteilen nach Erstellungsjahr [IPBAU 94_2].....49
Tab. 4.1: Beispiel für Gliederungsstufen der Elemente nach [DIN 276].....85
Tab. 4.2: Betroffene Modellkomponente in Abhängigkeit zur Maßnahme91
Tab. 4.3: Beispiel für die Bildung von zwei Teilbeständen mit den gleichen Auswahlattributen 99
Tab. 5.1: Beipielausschnitt aus der Tabelle Geb_komplex 130
Tab. 6.1: Prozentualer Mittelwert, Varianz und Standardabweichung 146
Tab. 6.2: Prozentuale Analyse der Gebäudeeinheiten nach Nutzungsklassen.....149
Tab. 6.3: Prozentuale Analyse der Gebäudeeinheiten innerhalb der Nutzungsklassen von Ettlingen und Bühl sowie deren Ortsteile150
Tab. 6.4: Flächennutzung von Ettlingen und Ortsteilen in 1000 m^2, (Flächendefinitionen 152
Tab. 6.5: Prozentuale Verteilung der Siedlungs- und Verkehrsflächen in Ettlingen und Ortsteilen, ...153
Tab. 6.6: Prozentuale Flächenanalyse der Siedlungsflächen in Ettlingen und Ortsteilen 154
Tab. 6.7: Gebäudeeinheiten pro Flurstück für Ettlingen Kernstadt 156
Tab. 6.8: Ergebnis der Wohnungsstichprobe Ettlingen, Vergleich absoluter und prozentualer Anteil der Gebäudeeinheiten sowie des BRI's und der BF 159
Tab. 6.9: Prozentuale Verteilung des BRI's aller bei der Wohnungsstichprobe erhobenen Gebäude, Wohngebäude differenziert nach EFH und MFH 160
Tab. 6.10: Verteilung der Haustypen EFH / MFH innerhalb der Stichprobe162
Tab. 6.11: GFZ und GRZ ermittelt auf Basis der Wohgebäude-Stichprobe165
Tab. 6.12: Analyse des BRI in m^3 aus NLB-Stichprobe.....166
Tab. 6.13: Analyse der BF in m^2 aus der NLB-Stichprobe 166
Tab. 6.14: Anzahl [Geb.einh.] und BRI prozentual aus NLB-Stichprobe....168
Tab. 6.15: Verteilung der Vollgeschosse aus NLB-Stichprobe.....169
Tab. 6.16: Ergebnis der Grundflächenermittlung 171
Tab. 6.17: Analyse der BF nach Nutzungsklassen 172
Tab. 6.18: Wohngebäude in Größenklassen der bebauten Fläche.....174
Tab. 6.19: Garagen in Größenklassen der bebauten Fläche 174
Tab. 6.20: Ergebnis der Strukturanalyse der ALK mittels GIS.....175

Tab. 6.21: Ergebnis der Überlagerung ALK-Nutzung mit B-Plan, NLB ohne Garagen 175
Tab. 6.22: Vergleich der ALK/B-Plan Auswertung zu Stichproben 177
Tab. 6.23: Analyse BF für AK_6; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan mit Ausreißern, AK_1 - AK_5 179
Tab. 6.24: Analyse BF für AK_6; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan ohne Ausreißer, AK_1 bis AK_5 181
Tab. 6.25: Analyse Einwohner zu Gebäudeeinheiten 186
Tab. 6.26: Kennzahlen aus der Beziehung Grundstück zu Einwohnerdichte [MAU 81] 188
Tab. 6.27: Bautätigkeit von 1990 bis 2000 aufgrund der Bauaktenauswertung 194
Tab. A2.1: Zuordnungstabelle nach [VFL] 269
Tab. A2.2: eigene Zusammenfassung der Flächen nach [VFL] 270
Tab. A2.3: Zuordnung der ALB Gebäudenutzung zu den Nutzungsklassen nach Statistischem Bundesamt Teil 1 271
Tab. A2.4: Zuordnung der ALB Gebäudenutzung zu den Nutzungsklassen nach Statistischem Bundesamt Teil 2 272
Tab. A2.5: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_BauNVO 272
Tab. A2.6: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Bauart 273
Tab. A2.7: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Beheizung 273
Tab. A2.8: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Brennstoff 273
Tab. A2.9: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Dachform 273
Tab. A2.10: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Haustyp 273
Tab. A2.11: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Nutzungsklasse 274
Tab. A2.12: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_B_Plan_Gebiet 274
Tab. A2.13: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Zustand nach [Atkis OK] 274
Tab. A2.14: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Klima 274
Tab. A2.15: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Konstruktionstyp 275
Tab. A2.16: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Mat_Tragkonstruktion 275
Tab. A2.17: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Mat_Dachdeckung 275
Tab. A2.18: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Fassadenverkleidung 275
Tab. A2.19: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Bauweise 275
Tab. A2.20: Auszug aus der Gliederungstabelle DIN_267 276
Tab. A3.1: Ergebnis der ALB-Auswertung für Ettlingen und Ortsteile nach Gebäudeeinheiten 277
Tab. A3.2: Ergebnis der ALB-Auswertung für Ettlingen und Ortsteile nach Gebäudearten und Nutzungsklassen, Teil 1 278
Tab. A3.3: Ergebnis der ALB-Auswertung für Ettlingen und Ortsteile nach Gebäudearten und Nutzungsklassen, Teil 2 279
Tab. A3.4: Prozentuale Verteilung der Gebäudeeinheiten ohne Garagen aus dem ALB für Ettlingen und Ortsteile 279
Tab. A3.5: Prozentuale Analyse der Wohn- und Nichtwohngebäude für Ettlingen, Bühl und deren Ortsteile 280

Tab. A3.6: Prozentuale Analyse der6 Nutzungsklassen für Ettlingen, Bühl und deren Ortsteile 281
Tab. A3.7: Prozentuale Verteilung der Gebäudeeinheiten ohne Garagen aus dem ALB für Bühl und Ortsteile 282
Tab. A3.8: Flächennutzung nach ALK in 1000 m² für Ettlingen und Ortsteile, für Flächendefinition 284
Tab. A3.9: Prozentuale Analyse der Flächennutzung für Ettlingen und Ortsteile, für Flächendefinition 285
Tab. A3.10: Prozentuale Flächenanalyse der Siedlungs- und Verkehrsflächen für Ettlingen und Ortsteile, für Flächendefinition 285
Tab. A3.11: Flächennutzung nach Nutzungskategorie in 1000 m², für Flächendefinition 286
Tab. A3.12: Prozentuale Flächennutzung nach Nutzungskategorie in Ettlingen und Ortsteilen 286
Tab. A3.13: Flächennutzung nach Nutzungskategorie in 1000 m² 287
Tab. A3.14: Flächennutzung nach Nutzungskategorie in Prozent 287
Tab. A3.15: Analyse BF nach Altersklassen aus dem Teilbestand „Wohnungsbaugesellschaften" 288
Tab. A3.16: Analyse NF nach Altersklassen aus dem Teilbestand „Wohnungsbaugesellschaften" 288
Tab. A3.17: Analyse BF und NF nach Altersklassen für den Haustyp EFH aus dem Teilbestand „Wohnungsbaugesellschaften" 289
Tab. A3.18: Analyse BF und NF nach Altersklassen für den Haustyp MFH aus dem Teilbestand „Wohnungsbaugesellschaften" 289
Tab. A3.19: Anzahl und BF absolut und prozentual für Ettlingen Kernstadt290
Tab. A3.20: Analyse BF für AK_1; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan 291
Tab. A3.21: Analyse BF für AK_1; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan ohne Ausreißer 291
Tab. A3.22: Analyse BF für AK_2; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan 292
Tab. A3.23: Analyse BF für AK_2; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan ohne Ausreißer 292
Tab. A3.24: Analyse BF für AK_3; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan 292
Tab. A3.25: Analyse BF für AK_3; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan ohne Ausreißer 292
Tab. A3.26: Analyse BF für AK_4; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan 293
Tab. A3.27: Analyse BF für AK_4; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan ohne Ausreißer 293
Tab. A3.28: Analyse BF für AK_5; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan 293
Tab. A3.29: Analyse BF für AK_5; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan ohne Ausreißer 293
Tab. A3.30: Anzahl und Bebaute Fläche in m² für Ettlingen Kernstadt 294

Tab. A3.31: Anzahl und Bebaute Fläche in m² für Ettlingen Kernstadt..... 295
Tab. A3.32: Analyse Anzahl und bebaute Fläche nach Nutzungsklassen; Ergebnis aus ALK Auswertung, Teil 1 296
Tab. A3.33: Analyse Anzahl und bebaute Fläche nach Nutzutzungsklassen; Ergebnis aus ALK Auswertung, Teil 2 296
Tab. A3.34: Analyse Anzahl und BRI nach Altersklassen aus Stichprobe Wohnen, Teil 1 296
Tab. A3.35: Analyse Anzahl und BRI nach Altersklassen aus Stichprobe Wohnen, Teil 2 296
Tab. A3.36: Analyse Anzahl und BF nach Altersklassen aus Stichprobe Wohnen, Teil 1 297
Tab. A3.37: Analyse Anzahl und BF nach Altersklassen aus Stichprobe Wohnen, Teil 2 297
Tab. A3.38: Verteilung der Vollgeschosse der Wohngebäude Stichprobe 298
Tab. A3.39: Gegenüberstellung der prozentualen Verteilung von BRI und BF aus Wohngebäude Stichprobe nach Altersklassen 299
Tab. A3.40: Analyse BF der Klasse EFH aus Stichprobe 299
Tab. A3.41: Analyse BRI der Klasse EFH aus Stichprobe..... 299
Tab. A3.42: Analyse BF des Haustyps EFH in der Klasse EFH aus Stichprobe..... 300
Tab. A3.43: Analyse BRI des Haustyps EFH in der Klasse EFH aus Stichprobe..... 300
Tab. A3.44: Analyse BF des Haustyps DH in der Klasse EFH aus Stichprobe..... 300
Tab. A3.45: Analyse BRI des Haustyps DH in der Klasse EFH aus Stichprobe..... 300
Tab. A3.46: Analyse BF des Haustyps RH in der Klasse EFH aus Stichprobe..... 300
Tab. A3.47: Analyse BRI des Haustyps RH in der Klasse EFH aus Stichprobe..... 301
Tab. A3.48: Analyse BF der Klasse MFH aus Stichprobe..... 301
Tab. A3.49: Analyse BRI der Klasse MFH aus Stichprobe 301
Tab. A3.50: Verteilung von GFZ und GRZ der Wohngebäude aus der Stichprobe in 25-Jahres Intervallen 301
Tab. A3.51: Verteilung der Haustypen in der Wohngebäudestichprobe..... 302
Tab. A3.52: Verteilung BF der Haustypen in der Wohngebäudestichprobe 302
Tab. A3.53: Verteilung BRI der Haustypen in der Wohngebäudestichprobe302
Tab. A3.54: Prozentuale Verteilung von BF und BRI der Haustypen in der Wohngebäudestichprobe..... 303
Tab. A3.55: Analyse Einwohner zu Gebäudeeinheiten für Ettlingen und Ortsteile..... 304

Anhang 1: Definitionen

Anstaltsgebäude
Nichtwohngebäude, in denen ausschließlich oder überwiegend Personen untergebracht sind und die mit Einrichtungen für eine zentrale Haushaltsführung ausgestattet sind.
Zu den Anstaltsgebäuden zählen zum Beispiel Krankenhäuser und Kliniken, Erholungs- und Ferienheime, Lager und Justizvollzugsanstalten.
Zum Anstaltskomplex gehörende freistehende Verwaltungs- und Wirtschaftsgebäude werden entsprechend ihrer Verwendung eingeordnet: die Verwaltungsgebäude zum Beispiel bei den Büro- und Verwaltungsgebäuden, die Werkstattgebäude bei den Gewerblichen Betriebsgebäuden, das Haus des Hausmeisters bei den Wohngebäuden.
Gebäude, die überwiegend über abgeschlossene Wohnungen verfügen, zum Beispiel Schwesternwohnheime oder entsprechende Altenwohnheime, zählen nicht zu den Anstalts-, sondern zu den Wohngebäuden.
[STABU]

Ausbauarbeiten
Bauarbeiten, die nach Abschluß der Rohbauarbeiten für die Vollendung eines Gebäudes notwendig sind. Die faktische Zuordnung der nachgewiesenen Bauarbeiten zu den Ausbauarbeiten erfolgt im wesentlichen analog der Zuordnung der Wirtschaftszweige zu den Gruppen 45.3 bis 45.5 (entspricht dem Ausbaugewerbe) in der Systematik der Wirtschaftszweige. [STABU]

Baualter / Baujahr
Das Baujahr der Wohneinheiten wird vom Baujahr des Gebäudes abgeleitet.Als Baujahr eines Gebäudes gilt das Jahr der Bezugsfertigstellung. Bei Gebäuden, die durch Schäden teilweise unbenutzbar geworden waren und wiederhergestellt wurden, gilt das Jahr der ursprünglichen Errichtung, bei total zerstörten und wiederaufgebauten Gebäuden das Jahr des Wiederaufbaus als Baujahr. [STABU]

Baugenehmigungen
Erteilung einer Erlaubnis durch die örtlich und sachlich zuständige Behörde eine Baumaßnahme durchzuführen, bei der Wohnraum oder sonsti-

ger Nutzraum geschaffen oder verändert wird (zum Beispiel die Errichtung eines neuen Wohn- oder Nichtwohngebäudes oder von Fertigteilbauten sowie die Durchführung einer Baumaßnahme an einem bestehenden Gebäude). Eine Baugenehmigung wird schriftlich in Form eines Bauscheines erteilt, wenn die Baumaßnahme den rechtlichen Vorschriften entspricht. Als Baugenehmigung gilt auch eine vorläufige, mit Auflagen versehene, oder eine Teilgenehmigung.
In der Statistik der Baugenehmigungen sind auch kenntnisgabe- oder anzeigepflichtige oder einem Genehmigungsfreistellungsverfahren unterliegende Baumaßnahmen nachzuweisen, bei denen Wohnraum oder sonstiger Nutzraum geschaffen oder verändert wird. [STABU]

Baumaßnahmen
Ausgabeart mit den Ausgaben für folgende, im einzelnen aufgeführte Baumaßnahmen:

- Erweiterungs-, Neu-, Um- und Ausbauten einschließlich der mit diesen Maßnahmen in sachlichem und baulichem Zusammenhang stehenden Tiefbauten und Anlagen (Versorgungs- und Heizungsanlagen, Schutzeinrichtungen, Entwässerungsanlagen), Abbruchs- und Aufschließungskosten,
- Tiefbaumaßnahmen (zum Beispiel Straßen, Wasserstraßen, Brücken, Hafenanlagen, Kanäle, Sportplätze, Freibäder), Betriebsanlagen und sonstige technische Anlagen, dauerhafte Einbauten und Ausstattungen (zum Beispiel Zentralheizungen, elektrische Anlagen, Öfen), Hochbaumaßnahmen, Aufwendungen für Planung, Entwurf, Bauleitung, Baunebenkosten. [STABU]

Bauweise
Definitionsgrundlage: Baunutzungsverordnung
Die Bauweise wird in der Baunutzungsverordnung definiert und ist meist im Bebauungsplan ausgewiesen. Hier wird zwischen offener und geschlossener Bauweise unterschieden. Im Zusammenhang mit weiteren Infomationen zum Gebäude lassen sich dadurch bestimmte Gebäudetypologien ableiten. [STABU]

Beheizung der Wohnung
Grundtypen der Beheizung sind:

- Blockheizung:
  Eine Blockheizung liegt vor, wenn ein Häuserblock von einem zentralen Heizsystem aus beheizt wird und die Heizquelle an einem Gebäude angebaut ist oder sich in unmittelbarer Nähe dieser Gebäude befindet.
- Einzel- oder Mehrraumofenheizung:
  Einzelöfen beheizen jeweils nur den Raum in dem sie stehen. Ein Mehrraumofen ist ein zwischen den Räumen eingebauter Ofen, der mehrere Räume gleichzeitig (auch durch Luftkanäle) heizt. Bei den Einzel- und Mehrraumofenheizungen wird danach unterschieden, mit welchem Brennmaterial die Öfen betrieben werden (Gas, Heizöl, Strom beziehungsweise Kohle, Holz, Torf usw.).
- Etagenheizung:
  Etagenheizung liegt vor, wenn die Räume der Etagenwohneinheit von einer einzigen, nur für die betroffene Einheit bestimmten Heizquelle über ein Röhrensystem beheizt werden.
- Fernheizung:
  Bei der Fernheizung werden größere Wohnbezirke von einem entfernten, zentralen Heizwerk aus beheizt.
- Sammelheizung:
  Zu den Sammelheizungen zählen Fern-, Block-, Zentral- und Etagenheizung.
- Sonnenenergie:
  Zur Nutzung der Sonnenenergie werden in der Regel Sonnenkollektoren, die Sonnenlicht und solare Wärmestrahlung absorbieren und in Form nutzbarer Wärmeenergie an einen flüssigen Wärmeträger abgeben, selten auch Solarzellen eingesetzt.
- Wärmepumpe:
  Mit Hilfe der Wärmepumpe, die oftmals mit Sonnenkollektoren eingesetzt wird, kann Wärme aus der umgebenden Luft, dem Erdboden oder Wasser aufgenommen und genutzt werden.
- Zentralheizung:
  Bei einer Zentralheizung versorgt eine zentrale Heizquelle über ein Röhrensystem die Wohneinheiten nur eines Gebäudes. [STABU]

Bürogebäude
Nichtwohngebäude, die überwiegend Büro- und Verwaltungszwecken dienen.
Dazu zählen unter anderem die Büro- und Verwaltungsgebäude der gewerblichen Wirtschaft, darunter auch Bank- und Versicherungsgebäude, ferner Bürogebäude der öffentlichen Hand wie Ministerien oder Stadtverwaltungen; ebenso Postämter, Bahnverwaltungen, Rundfunkhäuser, Verwaltungsgebäude der Kirchen, der Arbeiterwohlfahrt oder ähnlicher Organisationen. [STABU]

Büro- und Verwaltungsgebäude
Nichtwohngebäude, die überwiegend Büro- und Verwaltungszwecken dienen.
Dazu zählen unter anderem die Büro- und Verwaltungsgebäude der gewerblichen Wirtschaft, darunter auch Bank- und Versicherungsgebäude, ferner Bürogebäude der öffentlichen Hand wie Ministerien, Stadtverwaltungen, Postämter, Bahnverwaltungen, ebenso Rundfunkhäuser, Verwaltungsgebäude der Kirchen, der Arbeiterwohlfahrt oder ähnlicher Organisationen. [STABU]

Einfamiliengebäude
Zu den Einfamiliengebäuden rechnen freistehende und eingebaute Wohngebäude mit einer Hauptwohnung, wobei untergeordnete Einliegerwohnungen zulässig sind. Hierzu gehören unter anderem individuelle Häuser, Typenhäuser und Bungalows.
Wohnheime und Unterkünfte dagegen zählen nicht zu den Einfamilienhäusern. [STABU]

Fabrik- und Werkstattgebäude
Nichtwohngebäude, die unmittelbar der Gewinnung und Verteilung von Energie und Wasser, der Produktion beziehungsweise Reparatur von Waren oder der Abfallbeseitigung dienen.
Zu den Fabrik- und Werkstattgebäuden zählen außer den Gebäuden, die für die Gewinnung und Verteilung von Elektrizität, Gas und Fernwärme bestimmt sind, den Gebäuden und Anlagen zur Wassergewinnung und -verteilung, der Abwasser und Abfallbeseitigung, Schlachthöfen und -häusern in denen Tiere gegen Entgelt getötet, ausgenommen oder zerlegt werden, auch die sonstigen Fabrik und Werkstattgebäude, die der Fertigung oder Reparatur von Gütern beziehungsweise Waren dienen. Mit einbezogen sind die dazugehörigen Kesselanlagen, Maschinenhäu-

ser, Laboratoriumsgebäude, Hallen usw. sowie auch die Werkstattgebäude der Polizei, des Bundesgrenz-, Feuer- und zivilen Bevölkerungsschutzes.
Nicht mit einbezogen in die Fabrik- und Werkstattgebäude werden Landwirtschaftliche Betriebsgebäude, sofern sie nicht als Gebäude eines landwirtschaftlichen Nebenbetriebes gelten, Warenlagergebäude, freistehende Konstruktionen, die keinen Nutzraum enthalten, sowie Schacht- und Stollenbauten des Bergbaus. [STABU]

Gaststätten
Nichtwohngebäude, in denen primär Speisen und Getränke an jedermann ausgegeben werden, ohne daß jedoch eine Übernachtungsmöglichkeit besteht.
Hierzu gehören unter anderem, sofern keine Beherbergungsmöglichkeit besteht, Rasthäuser und -stätten, Kaffeehäuser und Eisdielen, Imbiß- und Trinkhallen, Gastwirtschaften und -häuser, Bars, Berg- und Skihütten sowie Strandrestaurants.
Imbißhallen als behelfsmäßige Nichtwohngebäude, Filmtheater, Spielbanken, Beherbergungsstätten und dergleichen zählen nicht zu den Gaststätten. [STABU]

Gewerbliche Betriebsgebäude
Nichtwohngebäude, die den Zwecken der gewerblichen Wirtschaft dienen und nicht anderen Gebäudegruppen zugeordnet werden können. Preisindizes werden nach Gebäuden in Stahl- und Stahlbetonskelettbauweise differenziert.
Zu den Gewerblichen Betriebsgebäuden rechnen zum Beispiel Fabrik- und Werkstattgebäude, Handels- und Lagergebäude und Verkehrsgebäude (sofern sie überdacht und von Wänden umschlossen sind).
Nicht zu den gewerblichen Betriebsgebäuden zählen Bürogebäude, Gaststätten, Heilbäder, Lichtspielhäuser, Wäschereien, Hotels und Pensionen.
Begriffsbeziehungen:
Im Unterschied zu den gewerblichen Betriebsgebäuden werden beim gewerblichen und industriellen Bau-Monatsbericht einschließlich
Auftragseingangserhebung im Bauhauptgewerbe (einschließlich Fertigteilbau), Monatlicher Baubericht) auch Bürogebäude sowie der gesamte Bereich des gewerblichen Tiefbaus erfaßt.
Die Begriffe "Gewerbliche Betriebsgebäude" und Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude (Statistik der Baugenehmigungen und Statistik der Baufertigstellungen) sind synonym. [STABU]

Handels- und Lagergebäude

Nichtwohngebäude, in denen primär Waren ausgestellt und/oder verkauft werden oder die für die Lagerung von Waren aller Art bestimmt sind.

Zu den Handelsgebäuden zählen Gebäude für den Einzelhandel, für Kaufhäuser, Supermärkte, Ladengeschäfte und Möbelhäuser, Modehäuser jedoch ohne Fabrik- und Werkstattgebäude, Tankstellen ohne Werkstatt- und Autowaschgebäude sowie Markt- und Messehallen, die von Kommunen für die Abhaltung von Messen oder Märkten zur Verfügung gestellt werden. Gebäude, die nicht dem Einzelhandel oder Märkten und Messen dienen, werden unter „Andere Handelsgebäude" nachgewiesen. Nicht zu den Handelsgebäuden gehören Kioske, die zu den behelfsmäßigen Nichtwohngebäuden gerechnet werden.

Lagergebäude sind u.a. für die Lagerung von Waren aller Art bestimmt. Hierzu gehören auch Getreidesilos und -speicher, Güterhallen und Kühlhäuser, soweit sie der öffentlichen Nahrungsmittelversorgung dienen. Warenlagerhäuser sowie Kraftstoff- und Treibstofflager der Polizei, des Bundesgrenz-, Feuer- und zivilen Bevölkerungsschutzes werden ebenfalls zu den Lagergebäuden gerechnet.

Frachtguthallen, Flughafenlager- und Hafenlagergebäude sowie sonstige Lagergebäude, die nicht der Nahrungsmittelvorsorge dienen, zählen zu den anderen Warenlagergebäuden zu denen auch Kraft- und Treibstofflager für den zivilen Bereich gerechnet werden. [STABU]

Hotels

Beherbergungsstätten, die jedermann zugänglich sind und in denen ein Restaurant - auch für Passanten - vorhanden ist sowie in der regel weitere Einrichtungen oder Räume für unterschiedliche Zwecke (Konferenzen, Seminare, Sport, Freizeit, Erholung) zur Verfügung stehen.

Erfaßt werden nur Hotels mit mindestens 9 Gästebetten und mehr. [STABU]

Landwirtschaftliche Betriebsgebäude

Nichtwohngebäude, die überwiegend land- oder forstwirtschaftlichen, Gärtnerei- oder Fischereizwecken dienen.

Dazu zählen Gebäude, die überdacht und von Wänden umschlossen sind und für die Lagerung von Erzeugnissen, Betriebsstoffen u.ä. oder für die Unterbringung von Tieren, Geräten und Maschinen bestimmt sind, zum Beispiel Silos, Scheunen, Stallgebäude, Lagergebäude sowie Landwirtschaftliche Betriebsgebäude mit Wohnungen.

Begriffsbeziehungen:
Im Unterschied zu den landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden umfaßt der landwirtschaftliche Bau (Monatlicher Baubericht, Monatsbericht einschließlich Auftragseingangserhebung im Bauhauptgewerbe (einschließlich Fertigteilbau), Statistik über den Auftragsbestand im Bauhauptgewerbe (einschließlich Fertigteilbau)) sowohl Hoch- als auch Tiefbauten. [STABU]

Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude
Nichtwohngebäude, die nicht land- oder forstwirtschaftlichen, Gärtnerei- oder Fischereizwecken dienen.
Hierzu gehören alle Nichtwohngebäude, die überwiegend für die Produktion, Lagerung, Verteilung und den Transport von Waren, für den Personenverkehr, die Nachrichtenübermittlung, die Bereitstellung von Dienstleistungen und für die Beseitigung von Abfällen bestimmt sind. Nicht mit einbezogen werden Büro- und Verwaltungsgebäude, Anstaltsgebäude und sonstige Nichtwohngebäude. [STABU]

Nichtwohngebäude
Gebäude, die überwiegend für Nichtwohnzwecke bestimmt sind. Hierzu gehören: Bürogebäude und gewerbliche Betriebsgebäude. Hochbauten, die überwiegend Nichtwohnzwecken dienen. Als Nichtwohnzwecke gelten zum Beispiel gewerbliche, landwirtschaftliche, soziale, kulturelle oder Verwaltungszwecke. Zu den Nichtwohngebäuden zählen Anstaltsgebäude, Büro- und Verwaltungsgebäude, Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude, Landwirtschaftliche Betriebsgebäude und „sonstige Nichtwohngebäude". [STABU]

Unterkünfte
Unterkünfte sind behelfsmäßige Bauten zur vorübergehenden Nutzung. Hierzu zählen zum Beispiel Behelfsheime, Baracken, Wohnwagen (zum Beispiel auf Campingplätzen), Lauben (Gartenlauben, Schrebergartenhütten, Weinberghütten, Almhütten), festverankerte Wohnschiffe und Bauzüge.
Für Unterkünfte werden nur dann Angaben erhoben, wenn sie zum Zeitpunkt der Zählung bewohnt waren. Wohnwagen und Lauben werden nur dann als bewohnte Unterkünfte erfaßt, wenn ihre Bewohner keine andere Wohnung oder sonstige Wohneinheit hatten.

Als Unterkünfte werden auch Gebäude mit nur einer oder zwei Freizeitwohneinheiten nachgewiesen, sofern deren Gesamtwohnfläche weniger als 50 m² betrug. [STABU]

Wohngebäude

Wohngebäude sind Gebäude, deren Gesamtnutzfläche mindestens zur Hälfte für Wohnzwecke genutzt wird (zum Beispiel Ein-, Zwei- oder Mehrfamilienhaus, Apartmenthaus, Wohnheim, Ferienhaus).
Zu den Wohngebäuden zählen nicht die Gebäude mit nur einer oder zwei Freizeitwohneinheiten, deren Gesamtwohnfläche weniger als 50 m² beträgt. Diese werden bei den Unterkünften nachgewiesen. [STABU]

Wohnungen

Gesamtheit von einzelnen oder zusammen liegenden Räumen, die nach außen abgeschlossen, zu Wohnzwecken bestimmt sind und die Führung eines eigenen Haushalts ermöglichen, gleichgültig, ob die Räume in Wohngebäuden oder Nichtwohngebäuden liegen.
Einer der Räume muß stets eine Küche oder ein Raum mit Kochgelegenheit (in der Gebäude- und Wohnungszählung eine baulich als solche vorgesehene Kochnische) sein. Zu einer Wohnung gehören ferner Wasserversorgung, Beheizbarkeit, Ausguß und Abort, die auch außerhalb des Wohnungsabschlusses liegen können. Grundsätzlich hat eine Wohnung einen eigenen abschließbaren Zugang unmittelbar vom Freien, von einem Treppenhaus oder einem Vorraum.
Einfamilienhäuser zählen als eine Wohnung. Ebenso zählen Einzimmerapartements sowie Wochenend- und Ferienhäuser über 50 m², sofern sie die oben genannten Bedingungen erfüllen, zu den Wohnungen. [STABU]

Anhang 2: Datenbankdokumentation

Tabellen und Verknüpfungen

Tabelle: Projektliste

Spalten

Name	Typ	Größe
Proj_db_id	Long Integer	4
Projektname	Text	50
Anzahl_Gebaeude	Long Integer	4
Repraesentanten	Long Integer	4
virtuelle_Rep	Long Integer	4
Geb_fragmente	Long Integer	4
Archetypen	Long Integer	4
hist_doku_Geb	Long Integer	4
MGF_Flur	Long Integer	4
BF	Long Integer	4
GFZ	Long Integer	4
BMZ	Long Integer	4
Nutzungsklasse	Long Integer	4
Gebaeudeart	Long Integer	4
Haustyp	Long Integer	4
Bauweise	Long Integer	4
Bauart	Long Integer	4
Konstruktionstyp	Long Integer	4
Keller	Long Integer	4
Sockel	Long Integer	4
Dachform	Long Integer	4
Dach	Long Integer	4
Kniestock	Long Integer	4
BGF	Long Integer	4
BRI	Long Integer	4
KGF	Long Integer	4
NGF	Long Integer	4
NF	Long Integer	4
HNF	Long Integer	4
NNF	Long Integer	4
FF	Long Integer	4
VF	Long Integer	4
Energiebezugsfläche	Long Integer	4
Wohnfläche	Long Integer	4
Anzahl VG	Long Integer	4
Geb_hoehe	Long Integer	4
Geb_laenge	Long Integer	4
Geb_breite	Long Integer	4
Makroelemente_BKB	Long Integer	4
Makroelemente_DIN	Long Integer	4
Grobelemente_DIN	Long Integer	4
Feinelemente_DIN	Long Integer	4
Haustechnik	Long Integer	4
KGr_300	Long Integer	4
KGr_400	Long Integer	4
Baunutzungskosten	Long Integer	4

Baujahr	Long Integer	4
Abbruchjahr	Long Integer	4
Erneuerungsmassnahmen_real	Long Integer	4
TE_GE	Long Integer	4

Beziehungen

Projektliste			**Geb_Einheit_Zentral**
Proj_db_id	1	n	Projekt_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Geb_Einheit_Zentral

Spalten

Name	Typ	Größe
geb_db_id	Long Integer	4
Projekt_db_id	Long Integer	4
Gebaeude_nr	Long Integer	4
Datenquelle	Text	50
Erfassungsdatum	Datum/Uhrzeit	8
Erfasser	Text	50
Postleitzahl	Long Integer	4
Ort	Text	50
Strasse	Text	50
Hausnummer	Text	50
Eigentumsart	Text	50
GRST_db_id	Long Integer	4

Beziehungen

Geb_Einheit_Zentral			**Geb_DIN_277**
db_id	1	1	Geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Geb_Einheit_Zentral			**Geb_FE_Elemente_NB**
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Geb_Einheit_Zentral			**Geb_FE_Elemente_GE**
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Geb_Einheit_Zentral			**Geb_FE_Elemente_TE**
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Geb_Einheit_Zentral			Geb_Geometrie
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Geb_Einheit_Zentral			Geb_GR_Element_GE
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Geb_Einheit_Zentral			Geb_GR_Element_NB
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Geb_Einheit_Zentral			Geb_GR_Element_TE
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Geb_Einheit_Zentral			Geb_komplex_block
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Geb_Einheit_Zentral			Geb_MA_Element_GE
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Geb_Einheit_Zentral			Geb_MA_Element_NB
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Geb_Einheit_Zentral			Geb_MA_Element_TE
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Geb_Einheit_Zentral			Grundstueck_Gebaeude
db_id	1	n	Geb_db_id

RelationshipType: 1:n

Geb_Einheit_Zentral			Geb_Klassifizierung
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Projektliste			Geb_Einheit_Zentral
Proj_db_id	1	n	Projekt_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Flurstuecke

Spalten

Name	Typ	Größe
Flst_db_id	Long Integer	4
FLST_NR	Long Integer	4
Flaeche	Long Integer	4
FLst_Nutzung_db_id	Long Integer	4

Beziehungen

Basis_Flst_Nutzung			Flurstuecke
db_id	1	n	FLst_Nutzung_db_id

RelationshipType: 1:n

Flurstuecke			Grundstueck_Flurstueck
Flst_db_id	1	n	Flst_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Geb_DIN_277

Spalten

Name	Typ	Größe
Geb_db_id	Long Integer	4
BGF	Long Integer	4
BRI	Long Integer	4
NGF	Long Integer	4
NF	Long Integer	4
HNF	Long Integer	4
NNF	Long Integer	4
FF	Long Integer	4
VF	Long Integer	4
KGF	Long Integer	4
BF	Long Integer	4

Beziehungen

Geb_Einheit_Zentral			Geb_DIN_277
db_id	1	1	Geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Geb_Kosten_DIN277			Geb_DIN_277
Geb_db_id	1	1	Geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Tabelle: Geb_Geometrie

Spalten

Name	Typ	Größe
geb_db_id	Long Integer	4
Keller	Ja/Nein	1
Sockel	Ja/Nein	1
Kniestock	Ja/Nein	1
Dachform_db_id	Long Integer	4

Beziehungen

Basis_Dachform			Geb_Geometrie
Dachform_db_id	1	n	Dachform_db_id

RelationshipType: 1:n

Geb_Einheit_Zentral			Geb_Geometrie
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Tabelle: Geb_Klassifizierung

Spalten

Name	Typ	Größe
geb_db_id	Long Integer	4
Basis_Nutzungsklasse_db_id	Long Integer	4
Basis_Gebauedeart_db_id	Long Integer	4
Basis_Haustyp_db_id	Long Integer	4
Basis_Bauart_db_id	Long Integer	4
Basis_Konstruktionstyp_db_id	Long Integer	4
Wohneinheiten	Long Integer	4
Vollgeschosse	Long Integer	4
Basis_B_Plan_Gebiet_db_id	Long Integer	4
Basis_Bauweise_db_id	Long Integer	4
Basis_Mat_Fassadenverkleidung_db_id	Long Integer	4
Basis_Zustand_db_id	Long Integer	4
Basis_Mat_Dachdeckung_db_id	Long Integer	4
Basis_Beheizung_db_id	Long Integer	4

Basis_Brennstoff_db_id	Long Integer	4
Basis_Klima_db_id	Long Integer	4
Basis_Mat_Tragkonstruktion_db_id	Long Integer	4

Beziehungen

Basis_B_Plan_Gebiet			**Geb_Klassifizierung**
db_id	1	n	B_Plan_Gebiet_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Gebaeudeart			**Geb_Klassifizierung**
db_id	1	n	Gebauedeart_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Haustyp			**Geb_Klassifizierung**
db_id	1	n	Haustyp_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Bauart			**Geb_Klassifizierung**
db_id	1	n	Bauart_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Konstruktionstyp			**Geb_Klassifizierung**
db_id	1	n	Konstruktionstyp_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Gebauedeart			**Geb_Klassifizierung**
db_id	1	n	Gebauedeart_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_B_Plan_Gebiet			**Geb_Klassifizierung**
db_id	1	n	B_Plan_Gebiet_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Bauweise_db_id			**Geb_Klassifizierung**
db_id	1	n	Bauweise_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Mat_Fassadenverkleidung			**Geb_Klassifizierung**
db_id	1	n	Mat_Fassadenverkleidung_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Zustand			**Geb_Klassifizierung**
db_id	1	n	Zustand_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Mat_Dachdeckung			**Geb_Klassifizierung**
db_id	1	n	Mat_Dachdeckung_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Beheizung			Geb_Klassifizierung
db_id	1	n	Beheizung_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Brennstoff			Geb_Klassifizierung
db_id	1	n	Brennstoff_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Klima			Geb_Klassifizierung
db_id	1	n	Klima_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Mat_Tragkonstruktion			Geb_Klassifizierung
db_id	1	n	Mat_Tragkonstruktion_db_id

RelationshipType: 1:n

Geb_Einheit_Zentral			Geb_Klassifizierung
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Tabelle: Geb_komplex_block

Spalten

Name	Typ	Größe
geb_db_id	Long Integer	4
Gebäude	Text	50
Gebäudekomplex	Text	50
Block	Text	50
Quartier	Text	50
Gebietsnutzung	Long Integer	4

Beziehungen

Basis_BauNVO_Gebietsnutzung			Geb_komplex_block
db_id	1	n	Gebietsnutzung

RelationshipType: 1:n

Geb_Einheit_Zentral			Geb_komplex_block
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Tabelle: Geb_Kosten_DIN277

Spalten

Name	Typ	Größe
Geb_db_id	Long Integer	4
DM/BRI	Long Integer	4
DM/NF	Long Integer	4
DM/HNF	Long Integer	4

Beziehungen

Geb_Kosten_DIN277			**Geb_DIN_277**
Geb_db_id	1	1	Geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Tabelle: Grundstueck

Spalten

Name	Typ	Größe
db_id	Long Integer	4
Geb_db_id	Long Integer	4
MGF	Long Integer	4
GFZ	Long Integer	4
GRZ	Long Integer	4

Beziehungen

Grundstueck			**Grundstueck_Flurstueck**
db_id	1	1	Grst_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Grundstueck			**Grundstueck_Gebaeude**
db_id	1	1	Grst_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Tabelle: Grundstueck_Flurstuecke

Spalten

Name	Typ	Größe
Grst_db_id	Long Integer	4
Flst_db_id	Long Integer	4

Beziehungen

Flurstuecke			**Grundstueck_Flurstueck**
Flst_db_id	1		Flst_db_id

RelationshipType: 1:n

Grundstueck			**Grundstueck_Flurstueck**
db_id	1	1	Grst_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Tabelle: Grundstueck_Gebaeude

Spalten

Name	Typ	Größe
Grst_db_id	Long Integer	4
Geb_db_id	Long Integer	4

Beziehungen

Geb_Einheit_Zentral			**Grundstueck_Gebaeude**
db_id	1		Geb_db_id

RelationshipType: 1:n

Grundstueck			**Grundstueck_Gebaeude**
db_id	1	1	Grst_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Tabelle: Basis_B_Plan_Gebiet

Spalten

Name	Typ	Größe
B_Plan_db_id	Long Integer	4
B_Plan_Gebiet	Text	50
B_Plan_Gebiet_kurz	Text	50

Beziehungen

Basis_B_Plan_Gebiet			**Geb_Klassifizierung**
db_id	1	n	B_Plan_Gebiet_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_BauNVO_Gebietsnutzung

Spalten

Name	Typ	Größe
db_id	Long Integer	4
BauNVO_Gebiet_prim	Text	50
BauNVO_Gebiet_sek	Text	50

Beziehungen

Basis_BauNVO_Gebietsnutzung		**Geb_komplex_block**
db_id	1	Gebietsnutzung

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Brennstoff

Spalten

Name	Typ	Größe
Brenn_db_id	Long Integer	4
Brennstoff	Text	50

Beziehungen

Basis_Brennstoff			**Geb_Klassifizierung**
db_id	1	n	Basis_Brennstoff_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Dachform

Spalten

Name	Typ	Größe
Dachform_db_id	Long Integer	4
Dachform	Text	50

Beziehungen

Basis_Dachform		**Geb_Geometrie**
Dachform_db_id	1	Dachform_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Bauweise

Spalten

Name	Typ	Größe
Bauweise_db_id	Long Integer	4
Bauweise	Text	50

Beziehungen

Basis_Bauweise_db_id			Geb_Klassifizierung
db_id	1	n	Bauweise_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Bauart

Spalten

Name	Typ	Größe
Bauart_db_id	Long Integer	4
Bauart	Text	50

Beziehungen

Basis_Bauart_db_id			Geb_Klassifizierung
db_id	1	n	Bauart_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Beheizung

Spalten

Name	Typ	Größe
Beheizung_db_id	Long Integer	4
Beheizung	Text	50

Beziehungen

Basis_Beheizung_db_id			Geb_Klassifizierung
db_id	1	n	Beheizung_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Klima

Spalten

Name	Typ	Größe
Klima_db_id	Long Integer	4
Klima	Text	50

Beziehungen

Basis_Klima_db_id			Geb_Klassifizierung
db_id	1	n	Klima_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Konstruktionstyp

Spalten

Name	Typ	Größe
Konstruktionstyp_db_id	Long Integer	4
Konstruktionstyp	Text	50

Beziehungen

Basis_Konstruktionstyp_db_id			Geb_Klassifizierung
db_id	1	n	Konstruktionstyp_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Mat_Dachdeckung

Spalten

Name	Typ	Größe
Mat_Dachdeckung_db_id	Long Integer	4
Mat_Dachdeckung	Text	50

Beziehungen

Basis_Mat_Dachdeckung_db_id			Geb_Klassifizierung
db_id	1	n	Mat_Dachdeckung_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Mat_Fassadenverkleidung

Spalten

Name	Typ	Größe
Mat_Fassadenverkleidung_db_id	Long Integer	4
Mat_Fassadenverkleidung	Text	50

Beziehungen

Basis_Mat_Fassadenverkleidung_db_id			Geb_Klassifizierung
db_id	1	n	Mat_Fassadenverkleidung_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Mat_Tragkonstruktion

Spalten

Name	Typ	Größe
Mat_Tragkonstruktion_db_id	Long Integer	4
Mat_Tragkonstruktion_prim	Text	50
Mat_Tragkonstruktion_sek	Text	50

Beziehungen

Basis_Mat_Tragkonstruktion_db_id			**Geb_Klassifizierung**
db_id	1	n	Mat_Tragkonstruktion_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Zustand

Spalten

Name	Typ	Größe
Zustand_db_id	Long Integer	4
code	Long Integer	4
Zustand	Text	50

Beziehungen

Basis_Zustand_db_id			**Geb_Klassifizierung**
db_id	1	n	Zustand_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Flst_Nutzung

Spalten

Name	Typ	Größe
db_id	Long Integer	4
Flst_Nutzung	Text	50
Flst_code	Long Integer	4
Flst_kurz	Text	50

Beziehungen

Basis_Flst_Nutzung			**Flurstuecke**
db_id	1	n	FLst_Nutzung_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Gebaeudeart

Spalten

Name	Typ	Größe
Gebaeudeart_db_id	Long Integer	4
Nutzungskl_db_id	Long Integer	4
ALB_Geb_art	Text	50
ALB_kurz	Text	50
BWZ_Geb_art	Text	50
BWZ_Kennnr	Long Integer	4
Sta_Bu_Geb_art	Text	50

Beziehungen

Basis_Gebaeudeart			**Geb_Klassifizierung**
db_id	1	n	Basis_Gebauedeart_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Nutzungsklasse			**Basis_Gebaeudeart**
db_id	1	n	Nutzungskl_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Haustyp

Spalten

Name	Typ	Größe
db_id	Long Integer	4
Haustyp	Text	50
Haustyp_kurz	Text	50

Beziehungen

Basis_Haustyp			**Geb_Klassifizierung**
db_id	1	n	Haustyp_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Material

Spalten

Name	Typ	Größe
Mat_db_id	Long Integer	4
Bezeichner	Text	50
Einheit	Text	50
Warmeleitzahl	Long Integer	4
Speicherwert	Long Integer	4
Druckfestigkeit	Long Integer	4
Rohdichte	Long Integer	4
Wasserdampfdiffwid_von	Long Integer	4
Wasserdampfdiffwid_bis	Long Integer	4

Beziehungen

Basis_Material			FE_Element_Material
Mat_db_id	1	n	Mat_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Material			GR_Element_Material
Mat_db_id	1	n	Mat_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Material			MA_Element_Material
Mat_db_id	1	n	Mat_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Nutzungsklasse

Spalten

Name	Typ	Größe
Nutzkl_db_id	Long Integer	4
Nutzungsklasse_prim	Text	50
Nutzungsklasse_prim_kurz	Text	50
Nutzungsklasse_sek	Text	50
Nutzungsklasse_sek_kurz	Text	50
Nutzungsklasse_tert	Text	50
Nutzungsklasse_tert_kurz	Text	50

Beziehungen

Basis_Nutzungsklasse			Basis_Gebaeudeart
db_id	1	n	Nutzungskl_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Fein_Elemkat_Erneuerung

Spalten

Name	Typ	Größe
FE_Element_NB_db_id	Long Integer	4
Text	Text	50
KGR	Long Integer	4
Einheit	Text	50
Lebensdauer_min	Long Integer	4
Lebensdauer_mittel	Long Integer	4
Lebensdauer_max	Long Integer	4
DM_min	Währung	8
DM_mittel	Währung	8
DM_max	Währung	8
Index	Long Integer	4
GWP100	Long Integer	4
GWP20	Long Integer	5
GWP500	Long Integer	6

Ueberdungung	Long Integer	4
Versaeuerung	Long Integer	4
Humantox	Long Integer	4
Ecotox	Long Integer	4
PEB_nicht_ern	Long Integer	4
Feuerwiderstandsklasse	Text	50
Deponieklasse	Text	50

Beziehungen

Basis_Fein_Elemkat_Erneuerung			**FE_Element_Material**
FE_Element_NB_db_id	1	1	FE_Element_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Basis_Fein_Elemkat_Erneuerung			**Geb_FE_Elemente_GE**
FE_Element_NB_db_id	1	n	FE_Element_ER_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Fein_Elemkat_Erneuerung			**Geb_FE_Elemente_TE**
FE_Element_NB_db_id	1	n	FE_Element_ER_db_id

RelationshipType: 1:n

Fein_Grob_Makro			**Basis_Fein_Elemkat_Erneuerung**
KGR_xxx	1	n	KGR

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Fein_Elemkat_NB

Spalten

Name	Typ	Größe
FE_Element_NB_db_id	Long Integer	4
Text	Text	50
KGR	Long Integer	4
Einheit	Text	50
Lebensdauer_min	Long Integer	4
Lebensdauer_mittel	Long Integer	4
Lebensdauer_max	Long Integer	4
DM_min	Währung	8
DM_mittel	Währung	8
DM_max	Währung	8
Index	Long Integer	4
GWP100	Long Integer	4
GWP20	Long Integer	5
GWP500	Long Integer	6
Ueberdungung	Long Integer	4
Versaeuerung	Long Integer	4
Humantox	Long Integer	4
Ecotox	Long Integer	4
PEB_nicht_ern	Long Integer	4
Feuerwiderstandsklasse	Text	50
Deponieklasse	Text	50

Beziehungen

Basis_Fein_Elemkat_NB			FE_Element_Material
FE_Element_NB_db_id	1	1	FE_Element_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Basis_Fein_Elemkat_NB			Geb_FE_Elemente_NB
FE_Element_NB_db_id	1	n	FE_Element_NB_db_id

RelationshipType: 1:n

Fein_Grob_Makro			Basis_Fein_Elemkat
KGR_xxx	1	n	KGR

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Grob_Elemkat_Erneuerung

Spalten

Name	Typ	Größe
GR_Element_NB_db_id	Long Integer	4
Text	Text	50
KGR	Long Integer	4
Einheit	Text	50
Lebensdauer_min	Long Integer	4
Lebensdauer_mittel	Long Integer	4
Lebensdauer_max	Long Integer	4
DM_min	Währung	8
DM_mittel	Währung	8
DM_max	Währung	8
Index	Long Integer	4
GWP100	Long Integer	4
GWP20	Long Integer	5
GWP500	Long Integer	6
Ueberdungung	Long Integer	4
Versaeuerung	Long Integer	4
Humantox	Long Integer	4
Ecotox	Long Integer	4
PEB_nicht_ern	Long Integer	4
Feuerwiderstandsklasse	Text	50
Deponieklasse	Text	50

Beziehungen

Basis_Grob_Elemkat_Erneuerung			Geb_GR_Element_GE
GR_Element_NB_db_id	1	n	GR_Element_ER_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Grob_Elemkat_Erneuerung			Geb_GR_Element_TE
GR_Element_NB_db_id	1	n	GR_Element_NB_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Grob_Elemkat_Erneuerung			GR_Element_Material
GR_Element_NB_db_id	1	1	GR_Element_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Fein_Grob_Makro			Basis_Grob_Elemkat_Erneuerung
KGR_xx	1	n	KGR

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Grob_Elemkat_NB

Spalten

Name	Typ	Größe
GR_Element_NB_db_id	Long Integer	4
Text	Text	50
KGR	Long Integer	4
Einheit	Text	50
Lebensdauer_min	Long Integer	4
Lebensdauer_mittel	Long Integer	4
Lebensdauer_max	Long Integer	4
DM_min	Währung	8
DM_mittel	Währung	8
DM_max	Währung	8
Index	Long Integer	4
GWP100	Long Integer	4
GWP20	Long Integer	5
GWP500	Long Integer	6
Ueberdungung	Long Integer	4
Versaeuerung	Long Integer	4
Humantox	Long Integer	4
Ecotox	Long Integer	4
PEB_nicht_ern	Long Integer	4
Feuerwiderstandsklasse	Text	50
Deponieklasse	Text	50

Beziehungen

Basis_Grob_Elemkat_NB			Geb_GR_Element_NB
GR_Element_NB_db_id	1	n	GR_Element_NB_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Grob_Elemkat_NB			GR_Element_Material
GR_Element_NB_db_id	1	1	GR_Element_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Fein_Grob_Makro			Basis_Grob_Elemkat_NB
KGR_xx	1	n	KGR

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Makro_Elemkat_Erneuerung

Spalten

Name	Typ	Größe
MA_Element_ER_db_id	Long Integer	4
Text	Text	50
KGR	Long Integer	4
Einheit	Text	50
Lebensdauer_min	Long Integer	4
Lebensdauer_mittel	Long Integer	4
Lebensdauer_max	Long Integer	4
DM_min	Währung	8
DM_mittel	Währung	8
DM_max	Währung	8
Index	Long Integer	4
GWP100	Long Integer	4
GWP20	Long Integer	5
GWP500	Long Integer	6
Ueberdungung	Long Integer	4
Versaeuerung	Long Integer	4
Humantox	Long Integer	4
Ecotox	Long Integer	4
PEB_nicht_ern	Long Integer	4
Feuerwiderstandsklasse	Text	50
Deponieklasse	Text	50

Beziehungen

Basis_Makro_Elemkat_Erneuerung			**Geb_MA_Element_GE**
MA_Element_ER_db_id	1	n	MA_Element_ER_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Makro_Elemkat_Erneuerung			**Geb_MA_Element_TE**
MA_Element_ER_db_id	1	n	MA_Element_NB_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Makro_Elemkat_Erneuerung			**MA_Element_Material**
MA_Element_ER_db_id	1	1	MA_Element_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Fein_Grob_Makro			**Basis_Makro_Elemkat_Erneuerung**
KGR_x	1	n	KGR

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Basis_Makro_Elemkat_NB

Spalten

Name	Typ	Größe
MA_Element_NB_db_id	Long Integer	4
Text	Text	50
KGR	Long Integer	4
Einheit	Text	50
Lebensdauer_min	Long Integer	4
Lebensdauer_mittel	Long Integer	4
Lebensdauer_max	Long Integer	4
DM_min	Währung	8
DM_mittel	Währung	8
DM_max	Währung	8
Index	Long Integer	4
GWP100	Long Integer	4
GWP20	Long Integer	5
GWP500	Long Integer	6
Ueberdungung	Long Integer	4
Versaeuerung	Long Integer	4
Humantox	Long Integer	4
Ecotox	Long Integer	4
PEB_nicht_ern	Long Integer	4
Feuerwiderstandsklasse	Text	50
Deponieklasse	Text	50

Beziehungen

Basis_Makro_Elemkat_NB			**Geb_MA_Element_NB**
MA_Element_NB_db_id	1		MA_Element_NB_db_id

RelationshipType: 1:n

Basis_Makro_Elemkat_NB			**MA_Element_Material**
MA_Element_NB_db_id	1	1	MA_Element_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Fein_Grob_Makro			**Basis_Makro_Elemkat_NB**
KGR_x	1	n	KGR

RelationshipType: 1:n

Tabelle: FE_Element_Material

Spalten

Name	Typ	Größe
FE_Element_db_id	Long Integer	4
Mat_db_id	Long Integer	4
Menge	Long Integer	4

Beziehungen

Basis_Fein_Elemkat_NB			FE_Element_Material
FE_Element_NB_db_id	1	1	FE_Element_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Basis_Fein_Elemtkat_Erneuerung			FE_Element_Material
FE_Element_NB_db_id	1	1	FE_Element_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Basis_Material			FE_Element_Material
Mat_db_id	1	n	Mat_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Fein_Grob_Makro

Spalten

Name	Typ	Größe
KGR_xxx	Long Integer	4
KGR_xx	Long Integer	4
KGR_x	Long Integer	4

Beziehungen

Fein_Grob_Makro		Basis_Fein_Elemkat_Erneuerung
KGR_xxx	1	KGR

RelationshipType: 1:n

Fein_Grob_Makro		Basis_Fein_Elemkat_NB
KGR_xxx	1	KGR

RelationshipType: 1:n

Fein_Grob_Makro			Basis_Grob_Elemkat_Erneuerung
KGR_xx	1	n	KGR

RelationshipType: 1:n

Fein_Grob_Makro			Basis_Grob_Elemkat_NB
KGR_xx	1	n	KGR

RelationshipType: 1:n

Fein_Grob_Makro			Basis_Makro_Elemkat_Erneuerung
KGR_x	1	n	KGR

RelationshipType: 1:n

Fein_Grob_Makro			Basis_Makro_Elemkat_NB
KGR_x	1	n	KGR

RelationshipType: 1:n

Tabelle: Geb_FE_Elemente_GE

Spalten

Name	Typ	Größe
geb_db_id	Long Integer	4
FE_Element_ER_db_id	Long Integer	4
Menge	Long Integer	4
Einheit	Text	50

Beziehungen

Basis_Fein_Elemkat_Erneuerung			Geb_FE_Elemente_GE
FE_Element_NB_db_id	1	n	FE_Element_ER_db_id

RelationshipType: 1:n

Geb_Einheit_Zentral			Geb_FE_Elemente_GE
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Tabelle: Geb_FE_Elemente_NB

Spalten

Name	Typ	Größe
geb_db_id	Long Integer	4
FE_Element_NB_db_id	Long Integer	4
Menge	Long Integer	4
Einheit	Text	50

Beziehungen

Basis_Fein_Elemkat_NB			Geb_FE_Elemente_NB
FE_Element_NB_db_id	1	n	FE_Element_NB_db_id

RelationshipType: 1:n

Geb_Einheit_Zentral			Geb_FE_Elemente_NB
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Tabelle: Geb_FE_Elemente_TE

Spalten

Name	Typ	Größe
geb_db_id	Long Integer	4
FE_Element_ER_db_id	Long Integer	4
Menge	Long Integer	4
Einheit	Text	50

Beziehungen

Basis_Fein_Elemkat_Erneuerung			**Geb_FE_Elemente_TE**
FE_Element_NB_db_id	1	n	FE_Element_ER_db_id

RelationshipType: 1:n

Geb_Einheit_Zentral			**Geb_FE_Elemente_TE**
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Tabelle: Geb_GR_Element_GE

Spalten

Name	Typ	Größe
geb_db_id	Long Integer	4
GR_Element_ER_db_id	Long Integer	4
Menge	Long Integer	4
Einheit	Text	50

Beziehungen

Basis_Grob_Elemkat_Erneuerung			**Geb_GR_Element_GE**
GR_Element_NB_db_id	1	n	GR_Element_ER_db_id

RelationshipType: 1:n

Geb_Einheit_Zentral			**Geb_GR_Element_GE**
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Tabelle: Geb_GR_Element_NB

Spalten

Name	Typ	Größe
geb_db_id	Long Integer	4
GR_Element_NB_db_id	Long Integer	4
Menge	Long Integer	4
Einheit	Text	50

Beziehungen

Basis_Grob_Elemkat_NB			Geb_GR_Element_NB
GR_Element_NB_db_id	1	n	GR_Element_NB_db_id

RelationshipType: 1:n

Geb_Einheit_Zentral			Geb_GR_Element_NB
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Tabelle: Geb_GR_Element_TE

Spalten

Name	Typ	Größe
geb_db_id	Long Integer	4
GR_Element_NB_db_id	Long Integer	4
Menge	Long Integer	4
Einheit	Text	50

Beziehungen

Basis_Grob_Elemkat_Erneuerung			Geb_GR_Element_TE
GR_Element_NB_db_id	1	n	GR_Element_NB_db_id

RelationshipType: 1:n

Geb_Einheit_Zentral			Geb_GR_Element_TE
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Tabelle: Geb_MA_Element_GE

Spalten

Name	Typ	Größe
geb_db_id	Long Integer	4
MA_Element_ER_db_id	Long Integer	4
Menge	Long Integer	4
Einheit	Text	50

Beziehungen

Basis_Makro_Elemkat_Erneuerung			Geb_MA_Element_GE
MA_Element_ER_db_id	1	n	MA_Element_ER_db_id

RelationshipType: 1:n

Geb_Einheit_Zentral			Geb_MA_Element_GE
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Tabelle: Geb_MA_Element_NB

Spalten

Name	Typ	Größe
geb_db_id	Long Integer	4
MA_Element_NB_db_id	Long Integer	4
Menge	Long Integer	4
Einheit	Text	50

Beziehungen

Basis_Makro_Elemkat_NB			Geb_MA_Element_NB
MA_Element_NB_db_id	1	n	MA_Element_NB_db_id

RelationshipType: 1:n

Geb_Einheit_Zentral			Geb_MA_Element_NB
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Tabelle: Geb_MA_Element_TE

Spalten

Name	Typ	Größe
geb_db_id	Long Integer	4
MA_Element_NB_db_id	Long Integer	4
Menge	Long Integer	4
Einheit	Text	50

Beziehungen

Basis_Makro_Elemkat_Erneuerung			Geb_MA_Element_TE
MA_Element_ER_db_id	1	n	MA_Element_NB_db_id

RelationshipType: 1:n

Geb_Einheit_Zentral			Geb_MA_Element_TE
db_id	1	1	geb_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Tabelle: GR_Element_Material

Spalten

Name	Typ	Größe
GR_Element_db_id	Long Integer	4
Mat_db_id	Long Integer	4
Menge	Long Integer	4
Einheit	Text	50

Beziehungen

Basis_Grob_Elemkat_Erneuerung			**GR_Element_Material**
GR_Element_NB_db_id	1	1	GR_Element_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Basis_Grob_Elemkat_NB			**GR_Element_Material**
GR_Element_NB_db_id	1	1	GR_Element_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Basis_Material		**GR_Element_Material**
Mat_db_id	1	Mat_db_id

RelationshipType: 1:n

Tabelle: MA_Element_Material

Spalten

Name	Typ	Größe
MA_Element_db_id	Long Integer	4
Mat_db_id	Long Integer	4
Menge	Long Integer	4
Einheit	Text	50

Beziehungen

Basis_Makro_Elemkat_Erneuerung			**MA_Element_Material**
MA_Element_ER_db_id	1	1	MA_Element_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Basis_Makro_Elemkat_NB			**MA_Element_Material**
MA_Element_NB_db_id	1	1	MA_Element_db_id

Attribute: Eindeutig
RelationshipType: 1:1

Basis_Material			**MA_Element_Material**
Mat_db_id	1	n	Mat_db_id

RelationshipType: 1:n

Festgelegte Definitionen

Code	Flächennutzung Flurstück ALK	Abk. ALK
21-110	Gebäude- und Freifläche Öffentliche Fläche	GFÖ
21-130	Gebäude- und Freifläche Wohnen	GFW
21-140	Gebäude- und Freifläche Handel und Wirtschaft	GFHW
21-170	Gebäude- und Freifläche Gewerbe und Industrie	GFGI
21-250	Gebäude- und Freifläche zu Versorgungsanlagen	GFV
21-260	Gebäude- und Freifläche zu Entsorgungsanlagen	GFEs
21-270	Gebäude- und Freifläche Land- und Forstwirtschaft	GFLF
21-280	Gebäude- und Freifläche Erholung	GFE
21-291	Bauplatz	Bpl
21-310	Betriebsfläche Abbauland	Abl
21-320	Betriebsfläche Halde	Hal
21-330	Betriebsfläche Lagerplatz	Lpl
21-350	Betriebsfläche Entsorgungsanlage	BfEs
21-410	Sportfläche	Spo
21-420	Grünanlage	Anl
21-430	Campingplstz	Cp
21-510	Straße	S
21-520	Weg	Weg
21-530	Platz	Pl
21-540	Bahngelände	Bgl
21-550	Flugplatz	Fpl
21-560	Schiffsverkehr	Hfn
21-610	Ackerland	A
21-620	Grünland	Gr
21-630	Gartenland	G
21-640	Weingarten	Wg
21-650	Moor	Mo
21-660	Heide	Hei
21-690	Brachland	Br
21-710	Laubwald	LH
21-720	Nadelwald	NH
21-730	Mischwald	LNH
21-740	Gehölz	Geh
21-810	Fluß	Fluß
21-820	Kanal	WaK
21-830	Hafen	WaH
21-840	Bach	Bach
21-850	Graben	WaG
21-860	See	See
21-870	Altwasser	WaA
21-880	Teich	WaT
21-890	Sumpf	WaSu
21-920	Schutzfläche	Sfl
21-930	Historische Anlage	Hist
21-940	Friedhof	Fhf
21-950	Unland	U

Tab. A2.1: Zuordnungstabelle nach [VFL]

Flurstücknutzun Oberkategorie	Flurstücknutzung Kategorie	Flurstücknutzung ALK	Abk. ALK
Siedlungsfläche	Gebäude- und Freiflächen	Öffentliche Fläche	GFÖ
		Wohnen	GFW
		Handel und Wirtschaft	GFHW
		Gewerbe und Industrie	GFGI
		Versorgungsanlagen	GFV
		Entsorgungsanlagen	GFEs
		Land- und Forstwirtschaft	GFLF
		Erholung	GFE
		Historische Anlage	Hist
	Bauplatz	Bauplatz	Bpl
	Betriebsflächen	Abbauland	Abl
		Halde	Hal
		Lagerplatz	Lpl
		Entsorgungsanlage	BfEs
	Anlagen	Sportfläche	Spo
		Grünanlage	Anl
		Friedhof	Fhf
Verkehrsflächen	Verkehrsflächen	Straße	S
		Weg	Weg
		Platz	Pl
		Bahngelände	Bgl
Landschaftsflächen	Acker- und Grünland	Ackerland	A
		Grünland	Gr
		Gartenland	G
		Weingarten	Wg
	Wald	Laubwald	LH
		Nadelwald	NH
		Mischwald	LNH
		Gehölz	Geh
	Gewässer	Fluß	Fluß
		Kanal	WaK
		Bach	Bach
		Graben	WaG
		See	See
		Teich	WaT
	Brachland	Brachland	Br
		Schutzfläche	Sfl
		Unland	U

Tab. A2.2: eigene Zusammenfassung der Flächen nach [VFL]

Gebäudebezeichnung im ALB	Abkürzungen ALB	Nutzungsklassen
Altenheim	Althm	A
Aussichtsturm	At	So
Badegebäude	Badeg	So
Betriebsgebäude	Btrg	NLB
Bibliotheksgebäude	Bibl	So
Bürogebäude	Büro	B&V
Burg	Burg	So
Campingplatzgebäude	Cpg	So
Empfangsgebäude	Empfg	NLB
Energieversorgungsgebäude	Energie	NLB
Fabrikgebäude	Fabr	NLB
Feuerwehrgebäude	Fwg	B&V
Forschungsinstitut	Forsch	B&V
Forsthaus	Fhs	NLB
Friedhofsgebäude	Fhfg	So
Garage	Gar	NLB
Gartenhaus	Gths	NLB
Gaststätte	Gast	So
Gemeindehaus	Gdehs	B&V
Gerichtsgebäude	Gericht	B&V
Geschäftshaus	Ghs	NLB
Gewächshaus	Gewhs	L
Hallenbad	Hbad	So
Heim	Heim	A
Hochschulgebäude	Hochsch	B&V
Hotel	Hotel	NLB
Jugendherberge	JH	A
Justizvollzugsanstaltsgebäude	JVA	A
Kapelle	Kapelle	So
Kindergarten	Kiga	So
Kiosk	Kiosk	NLB
Kirche	Kirche	So
Kläranlagengebäude	Klärwk	NLB
Krankenhausgebäude	Krhs	A
Kurmittelgebäude	Kurg	So
Lagergebäude	Lagg	NLB
Messegebäude	Messeg	So
Müllverbrennungsgebäude	Müllwk	NLB
Museumsgebäude	Museum	So
Parkhaus	Phs	NLB
Polizeigebäude	Polizei	B&V
Postamt	Postamt	So
Rathaus	Rathaus	B&V

Tab. A2.3: Zuordnung der ALB Gebäudenutzung zu den Nutzungsklassen nach Statistischem Bundesamt Teil 1

Gebäudebezeichnung im ALB	Abkürzungen ALB	Nutzungsklassen
Sanatoriumsgebäude	Sanat	A
Scheuer	Schr	L
Scheuer und Stall	Schr-St	L
Schleusengebäude	Schl	NLB
Schloß	Schloß	So
Schulgebäude	Schule	So
Schuppen	Schu	L
Schutzbunker	Bunker	So
Schutzhütte	Hütte	So
Sendeturm	Sdt	NLB
Sportgebäude	Sportg	So
Sporthalle	Sporth	So
Stall	Stall	L
Tankstellengebäude	Tkst	NLB
Tiefgarage	Tgar	NLB
Toilettengebäude	WC	So
Turm	Turm	So
Umformer	Ust	NLB
Veranstaltungsgebäude	Veranst	So
Vergnügungsstätte	Vergnst	NLB
Verwaltungsgebäude	Vwg	B&V
Wartehalle	Warteh	NLB
Wasserbehälter	Wbh	NLB
Wasserturm	Wt	NLB
Werkstattgebäude	Wkst	NLB
Wirtschaftsgebäude	Wirtg	L
Wochenendhaus	Woendhs	W
Wohn- und Betriebsgebäude	WBtrg	NLB
Wohn- und Bürogebäude	WBüro	B&V
Wohn- und Geschäftshaus	WGhs	NLB
Wohn- und Verwaltungsgebäude	WVwg	B&V
Wohn- und Wirtschaftsgebäude	WWg	L
Wohnhaus	Whs	W
Zoogebäude	Zoog	NLB

Tab. A2.4: Zuordnung der ALB Gebäudenutzung zu den Nutzungsklassen nach Statistischem Bundesamt Teil 2

BauNVO_Gebiet_prim	BauNVO_Gebiet_sek
Bauflaechen	Wohnbauflaechen
Bauflaechen	Gemischte Bauflaechen
Bauflaechen	Gewerbliche Bauflaechen
Bauflaechen	Sonderbauflaechen
Gemeinbedarfsflaechen	
Verkehrsflaechen	
Gruenflaechen	
Wasserflaechen	
Flaechen fuer Ver- und Entsorgung	
Land- und Forstwirtschaftliche Flaechen	
Flaechen die mit Rechten bzw. Lasten belegt sind	

Tab. A2.5: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_BauNVO

Bauart
Halle
Geschossbau
Zeile
Block

Tab. A2.6: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Bauart

Beheizung
Fernheizung
Blockzentralheizung
Zentralheizung
Etagenheizung
Einzelraumheizung
Sammelheizung
ohne Heizung

Tab. A2.7: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Beheizung

Brennstoff
Koks/Kohle
Heizoel
Gas
Strom
Holz
Waermepumpen
Solarenergie
sonstiges

Tab. A2.8: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Brennstoff

Dachform
Satteldach
Pultdach
Walmdach
Mansarddach
Flachdach
sonstiges

Tab. A2.9: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Dachform

Haustyp	Haustyp_kurz
Einfamilienhaus	EFH
Reihenhaus	RH
Doppelhaus	DH
Mehrfamilienhaus	MFH
Hochhaus	HH

Tab. A2.10: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Haustyp

Nutzungsklasse_prim	Nutzungsklasse_prim_kurz	Nutzungsklasse_sek	Nutzungsklasse_sek_kurz	Nutzungsklasse_tert	Nutzungsklasse_tert_kurz
Wohngeb.	Wo				
Nichtwohngeb.	NW	Anstaltsgeb.	A		
Nichtwohngeb.	NW	Buero- u Verwaltungsgeb.	BV		
Nichtwohngeb.	NW	Landwirtschaftliche Betriebsgeb.	L		
Nichtwohngeb.	NW	Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgeb.	NLB	Fabrik- u Werkstattgeb.	FuW
Nichtwohngeb.	NW	Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgeb.	NLB	Handels- u Lagergeb.	HuL
Nichtwohngeb.	NW	Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgeb.	NLB	Hotels u Gaststaetten	HuG
Nichtwohngeb.	NW	Sonstige Nichtwohngeb.	So		

Tab. A2.11: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Nutzungsklasse

B_Plan_Gebiet	B_Plan_Gebiet_kurz
Kleinsiedlungsgebiet	WS
reines Wohngebiet	WR
allgemeines Wohngebiet	WA
besonderes Wohngebiet	WB
Dorfgebiet	MD
Mischgebiet	MI
Kerngebiet	MK
Gewerbegebiet	GE
Industriegebiet	GI
Sondergebiet	SO

Tab. A2.12: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_B_Plan_Gebiet

Zustand	code
in Betrieb	1100
ausser Betrieb, stillgelegt	1200
bewohnt	1500
verfallen, zerstoert ('Ruine')	1700
verlassen ('Wuestung')	1800

Tab. A2.13: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Zustand nach [Atkis OK]

Klima
vollklimatisiert
Lueftungsanlage
sonstiges
nicht vorhanden

Tab. A2.14: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Klima

Konstruktionstyp
massiv
Skelett
Fertigteil
Mischkonstruktion
Fachwerk
sonstiges

Tab. A2.15: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Konstruktionstyp

Mat_Tragkonstruktion_prim	Mat_Tragkonstruktion_sek
Beton	Stahlbeton
Beton	Porenbeton
Mauerwerk	KS
Mauerwerk	Hohlblock
Mauerwerk	Bims
Mauerwerk	Ziegel
Stahl	
Holz	Vollholz
Holz	Holzwerkstoff
sonstiges	

Tab. A2.16: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Mat_Tragkonstruktion

Mat_Dachdeckung
Ziegel
Holz
Teerpappe
Metall
Gras
sonstiges

Tab. A2.17: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Mat_Dachdeckung

Fassadenverkleidung
Klinker
Putz
Holz
Faserzementplatten
Naturstein
sonstiges

Tab. A2.18: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Fassadenverkleidung

Bauweise
offen
geschlossen

Tab. A2.19: Inhalt der Datenbanktabelle Basis_Bauweise

KGR	Bereich	KGR	Makroelement	KGR	Grobelement
300	Baukonstruktionen	310	Baugrube	311	Baugrubenherstellung
		310	Baugrube	312	Baugrubenumschließung
		310	Baugrube	313	Wasserhaltung
		310	Baugrube	319	Baugrube, sonstiges
		320	Gründung	321	Baugrundverbesserung
		320	Gründung	322	Flachgründungen
		320	Gründung	323	Tiefgründungen
		320	Gründung	324	Unterböden und Bodenplatten
		320	Gründung	325	Bodenbeläge
		320	Gründung	326	Bauwerksabdichtungen
		320	Gründung	327	Dränagen
		320	Gründung	329	Gründung, sonstiges
		330	Außenwände	331	Tragende Außenwände
		330	Außenwände	332	Nichttragende Außenwände
		330	Außenwände	333	Außenstützen
		330	Außenwände	334	Außentüren und -fenster
		330	Außenwände	335	Außenwandbekleidungen außen
		330	Außenwände	336	Außenwandbekleidunginnen
		330	Außenwände	337	Elementierte Außenwände
		330	Außenwände	338	Sonnenschutz
		330	Außenwände	339	Außenwände, sonstiges
		340	Innenwände	341	Tragende Innenwände
		340	Innenwände	342	Nichttragende Innenwände
		340	Innenwände	343	Innenstützen
		340	Innenwände	344	Innentüren und -fenster
		340	Innenwände	345	Innenwandbekleidungen
		340	Innenwände	346	Elementierte Innenwände
		340	Innenwände	349	Innenwände, sonstiges
		350	Decken	351	Deckenkonstruktionen
		350	Decken	352	Deckenbeläge
		350	Decken	353	Deckenbekleidungen
		350	Decken	359	Decken, sonstiges
		360	Dächer	361	Dachkonstruktionen
		360	Dächer	362	Dachfenster, Dachöffnungen
		360	Dächer	363	Dachbeläge
		360	Dächer	364	Dachbekleidungen
		360	Dächer	369	Dächer, sonstiges
		370	Baukonstr_Einb.	371	Allgemeine Erschließung
		370	Baukonstr_Einb.	372	Besondere Einbauten
		370	Baukonstr_Einb.	379	Baukonstruktive Einbauten, sonst.
		390	Sonst_Massn.	391	Baustelleneinrichtung
		390	Sonst_Massn.	392	Gerüste
		390	Sonst_Massn.	393	Sicherungsmaßnahmen
		390	Sonst_Massn.	394	Abbruchmaßnahmen
		390	Sonst_Massn.	395	Instandsetzungen
		390	Sonst_Massn.	396	Recycling_Zwischendep_Entsorg.
		390	Sonst_Massn.	397	Schlechtwetterbau
		390	Sonst_Massn.	398	Zusätzliche Maßnahmen
		390	Sonst_Massn.	399	Sonst_Massn_Baukonstr.

Tab. A2.20: Auszug aus der Gliederungstabelle DIN_267

Anhang 3: Datenanalyse

Gebäudeart ALB	NK	Ettlingen Kernstadt	Bruchhausen	Ettlingenweier	Oberweier	Schöllbronn	Spessart	Schluttenbach	Ettlingen komplett
Summe Wohngebäude	W	3398	1173	708	292	805	615	269	7260
Summe Anstaltsgebäude	A	8	0	0	0	1	0	0	9
Summe Büro- u. Verwaltung	B&V	305	6	12	12	2	3	3	343
Summe Landwirt. Betr.geb.	L	430	383	395	248	278	346	86	2166
Summe Nichtlandw. Betr.geb.	NLB	3963	943	581	268	779	628	245	7407
Summe Sonst. Nichtwohngeb.	So	111	19	15	6	23	10	7	191
Summe Nichtwohngebäude		4817	1351	1003	534	1083	987	341	10116
Summe Gebäudeeinheiten		8215	2524	1711	826	1888	1602	610	17376

Tab. A3.1: Ergebnis der ALB-Auswertung für Ettlingen und Ortsteile nach Gebäudeeinheiten (s. Tab. A3.2: S. 278), (s. Tab. A3.3: S. 279)

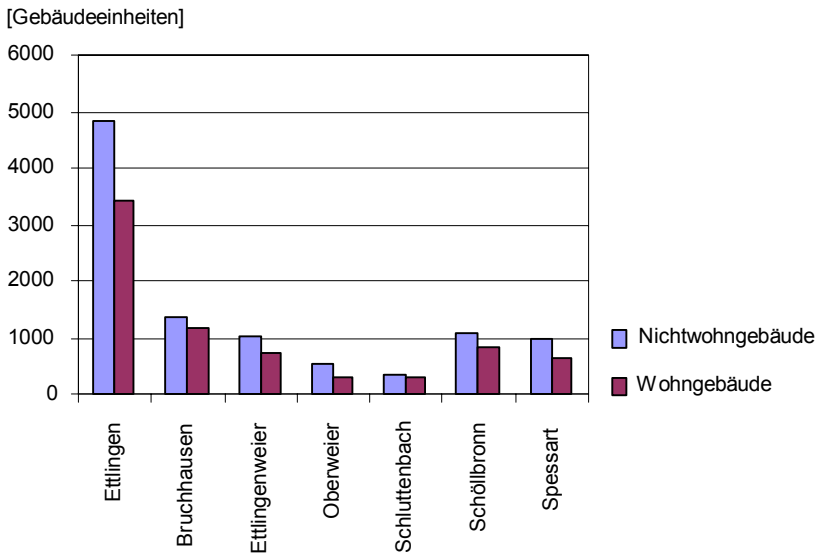


Abb. A3.1: Verteilung der Gebäudeeinheiten für Ettlingen und Ortsteile; Ergebnis der ALB Auswertung (s. Tab. A3.1: S. 277)

Gebäudeart ALB	NK	Ettlingen Kernstadt	Bruchhausen	Ettlingenweier	Oberweier	Schöllbronn	Spessart	Schluttenbach	Ettlingen komplett
Wochenendhaus	W	7			12	2	1	3	
Wohnhaus	W	3391	1173	708	280	803	614	266	
Summe Wohngebäude		3398	1173	708	292	805	615	269	7260
Altenheim	A	4				1			
Heim	A	4							
Summe Anstaltsgebäude		8	0	0	0	1	0	0	9
Buero- u. Wohnhaus	B&V	22	5	3	2		2	1	
Buerogebaeude	B&V	252		6	8		1		
Feuerwehrgebaeude	B&V	4	1	2	1	1		2	
Gerichtsgebaeude	B&V	3							
Polizeigebaeude	B&V	1							
Rathaus	B&V	1		1	1	1			
Verwaltungsgebaeude	B&V	22							
Summe Büro- u. Verwaltung		305	6	12	12	2	3	3	343
Gewaechshaus	L	24	2	1		1			
Remise_landw	L	245	228	213	141	167	166	54	
Scheune	L	6	21	51	22	27	47	9	
Scheune u. Stall	L	37	66	50	33	38	34	12	
Schopf_landw	L	44	16	27	10	14	9	2	
Stall	L	74	50	53	42	31	90	9	
Summe Landwirt. Betr.geb.		430	383	395	248	278	346	86	2166
Betriebsgebaeude	NLB	471	19	38	25	16	11		
Empfangsgebaeude	NLB	6							
Energieversorgungsgeb.	NLB	7		1		2			
Fabrikgebaeude	NLB	102		13	6				
Garage	NLB	1793	850	447	161	689	517	230	
Gaststaette	NLB	22		2	3	5	3	1	
Geschaeftsgebaeude	NLB	86	3	1		9	3	2	
Hotel	NLB	15							
Klaeranlagengebaeude	NLB	8		1					
Lager	NLB	341	5	19	44	4	1		
Parkhaus	NLB	7							
Remise	NLB	31	9	9	6	4	5		
Tankstelle	NLB	12	4			1			
Tiefgarage	NLB	95	5	1		5	5		
Umformer	NLB	128	11	9	11	8	8	4	
Vergnuegungsstaette	NLB	2							
Wartehalle	NLB	4							
Wasserbehaelter	NLB	6			2	1			
Werkstatt	NLB	173	18	10	7	16	11		
Wirtschaftsgebaeude	NLB	460	4	15		9	55	7	
Wohn- u. Betriebsgeb.	NLB	20		4	2	3	1		
Wohn- u. Geschaeftsh.	NLB	174	15	11	1	7	8	1	
Summe Nichtlandw. Betr.geb.		3963	943	581	268	779	628	245	7407

Tab. A3.2: Ergebnis der ALB-Auswertung für Ettlingen und Ortsteile nach Gebäudearten und Nutzungsklassen, Teil 1

Gebäudeart ALB	NK	Ettlingen Kernstadt	Bruchhausen	Ettlingenweier	Oberweier	Schöllbronn	Spessart	Schluttenbach	Ettlingen komplett
Badegebaeude	So	3	1					1	
Bibliotheksgebaeude	So	1							
Friedhofsgebaeude	So	1	1	1	1	1	1	1	
Gemeindehaus	So	7	2	1		1		1	
Hallenbad	So	2				2			
Jugendfreizeitstaette	So	1							
Kapelle	So	1							
Kindergarten	So	13	1	1	1	2	1		
Kirche	So	5	2	1	1	1		1	
Oeffentlicher_bau	So	5							
Postamt	So	1							
Schloss	So	1							
Schulgebaeude	So	28	2	4	1	4	5	2	
Schutzhuette	So	2		1					
Sportgebaeude	So	14	3	4	1	7	1	1	
Sporthalle	So	2	2	1					
Toilettengebaeude	So	15			1	3	2		
Turm	So	5	1			2			
Veranstaltungsgebaeude	So	4	4	1					
Summe Sonst. Nichtwohngeb.		111	19	15	6	23	10	7	191
Summe Nichtwohngebäude		4817	1351	1003	534	1083	987	341	10116
Summe Gebäudeeinheiten		8215	2524	1711	826	1888	1602	610	17376

Tab. A3.3: Ergebnis der ALB-Auswertung für Ettlingen und Ortsteile nach Gebäudearten und Nutzungsklassen, Teil 2

	Wohngebäude	Nichtwohngebäude
Bruchhausen	70,1%	29,9%
Ettlingen Kernstadt	52,9%	47,1%
Ettlingenweier	56,0%	44,0%
Oberweier	43,9%	56,1%
Schöllbronn	67,1%	32,9%
Spessart	56,7%	43,3%
Schluttenbach	70,8%	29,2%
Mittelwert	59,6%	40,4%
Varianz	0,9%	0,9%
Standardabweichung	9,3%	9,3%

Tab. A3.4: Prozentuale Verteilung der Gebäudeeinheiten ohne Garagen aus dem ALB für Ettlingen und Ortsteile

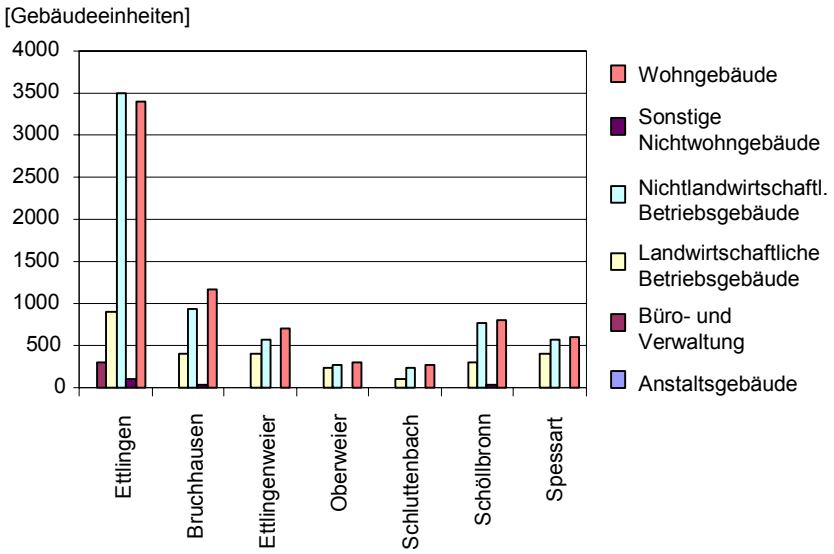


Abb. A3.2: Ergebnis der ALB-Auswertung, Verteilung der Nutzungsklassen nach Gebäudeeinheiten für Ettlingen und Ortsteile (s. Tab. A3.1: S. 277)

	Nichtwohngebäude	**Wohngebäude**
Ettlingen	58,64	41,36
Bruchhausen	53,53	46,47
Ettlingenweier	58,62	41,38
Oberweier	64,65	35,35
Schluttenbach	55,90	44,10
Schöllbronn	57,36	42,64
Spessart	61,61	38,39
Bühl	59,01	40,99
Altschweier	60,33	39,67
Balzhofen	60,51	39,49
Eisental	59,77	40,23
Moos	65,02	34,98
Neusatz	62,48	37,52
Oberbruch	66,42	33,58
Oberweier	62,34	37,66
Vimbuch	58,26	41,74
Weitenung	54,35	45,65
Ottersweier	62,52	37,48
Unzhurst	67,52	32,48
Mittelwert	60,46	39,54
Varianz	0,14	0,14
Standardabweichung	3,75	3,75

Tab. A3.5: Prozentuale Analyse der Wohn- und Nichtwohngebäude für Ettlingen, Bühl und deren Ortsteile

	W	A	B&V	L	NLB	SO
Ettlingen	41,4	0,1	3,7	10,8	42,6	1,4
Bruchhausen	46,5	0,0	0,2	15,3	37,2	0,8
Ettlingenweier	41,4	0,0	0,7	24,0	33,1	0,9
Oberweier	35,4	0,0	1,5	30,0	32,4	0,7
Schluttenbach	44,1	0,0	0,5	15,2	39,0	1,1
Schöllbronn	42,6	0,1	0,1	15,2	40,8	1,2
Spessart	38,4	0,0	0,2	25,0	35,8	0,6
Bühl	41,0	1,3	0,2	18,6	37,5	1,3
Altschweier	39,7	0,4	0,2	32,9	26,2	0,7
Balzhofen	39,5	0,5	0,0	22,2	36,9	0,9
Eisental	40,2	0,6	0,0	23,1	35,0	1,1
Moos	35,0	0,7	0,0	33,3	30,2	0,7
Neusatz	37,5	0,8	0,2	32,3	28,1	1,2
Oberbruch	33,6	1,5	0,0	25,6	38,6	0,7
Oberweier	37,7	0,6	0,0	23,7	37,3	0,6
Vimbuch	41,7	1,1	0,0	13,1	43,3	0,8
Weitenung	45,6	0,2	0,0	24,0	29,4	0,8
Ottersweier	37,5	1,2	0,2	21,0	38,9	1,2
Unzhurst	32,5	0,5	0,1	43,6	22,2	1,1
Minimum	32,5	0,0	0,0	10,8	22,2	0,6
Maximum	46,5	1,5	3,7	43,6	43,3	1,4
Mittelwert	39,5	0,5	0,4	23,6	35,0	0,9
Varianz	14,0	0,2	0,7	64,3	30,5	0,1
Standardabweichung	3,7	0,5	0,9	8,0	5,5	0,2

Tab. A3.6: Prozentuale Analyse der6 Nutzungsklassen für Ettlingen, Bühl und deren Ortsteile

NK	Bühl	Altschweier	Balzhofen	Eisental	Moos	Neusatz	Oberbruch	Oberweier	Vimbuch	Weitenung	Ottersweier	Unzhurst	Bühl komplett
W	2390	461	169	533	191	580	135	116	546	519	1063	355	7058
A	9	2	0	0	0	3	0	0	0	0	7	1	22
B&V	70	3	3	6	3	11	5	0	14	1	30	3	149
L	1028	341	85	294	172	481	90	69	164	269	554	250	3797
NLB	2251	348	168	477	175	458	168	119	573	338	1149	470	6694
So	93	9	3	15	5	16	4	4	11	10	40	15	225
NW	3451	703	259	792	355	969	267	192	762	618	1780	739	10887
gesamt	5841	1164	428	1325	546	1549	402	308	1308	1137	2843	1094	17945

Abb. A3.3: Ergebnis der ALB-Auswertung für Bühl und Ortsteile nach Gebäudeeinheiten

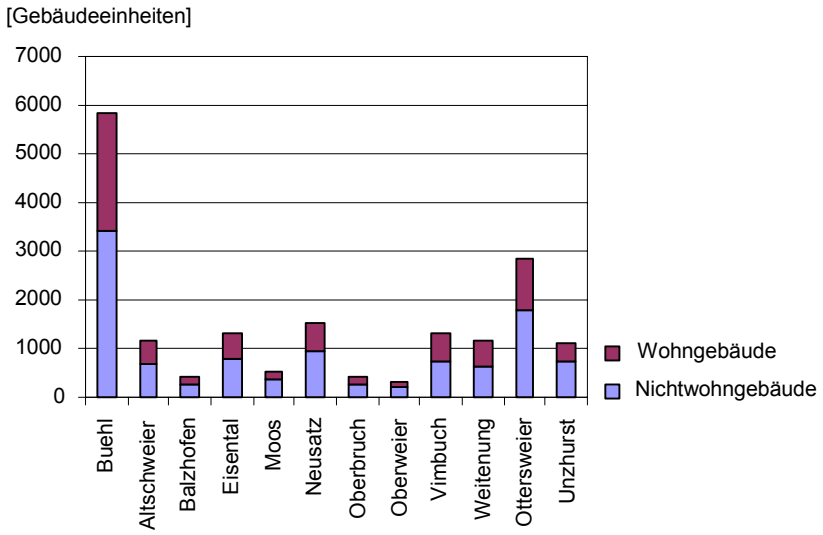


Abb. A3.4: Verteilung der Gebäudeeinheiten für Bühl und Ortsteile; Ergebnis der ALB Auswertung (s. Tab. A3.3: S. 279)

	Wohngebäude	Nichtwohngebäude
Bühl	53,1%	46,9%
Altschweier	49,4%	50,6%
Balzhofen	55,8%	44,2%
Eisental	56,0%	44,0%
Moos	45,2%	54,8%
Neusatz	47,1%	52,9%
Oberbruch	45,3%	54,7%
Oberweier	55,5%	44,5%
Vimbuch	64,2%	35,8%
Weitenung	60,7%	39,3%
Ottersweier	51,9%	48,1%
Unzhurst	38,7%	61,3%
Mittelwert	51,9%	48,1%
Varianz	0,5%	0,5%
Standardabweichung	6,9%	6,9%

Tab. A3.7: Prozentuale Verteilung der Gebäudeeinheiten ohne Garagen aus dem ALB für Bühl und Ortsteile (s. Abb. A3.6: S. 283)

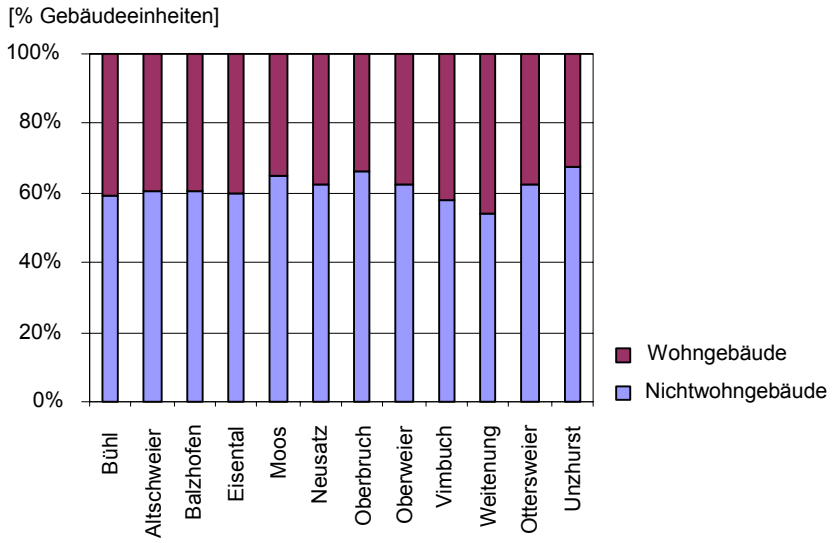


Abb. A3.5: Prozentuale Verteilung der Gebäudeeinheiten aus dem ALB für Bühl und Ortsteile (s. Tab. A3.3: S. 279)

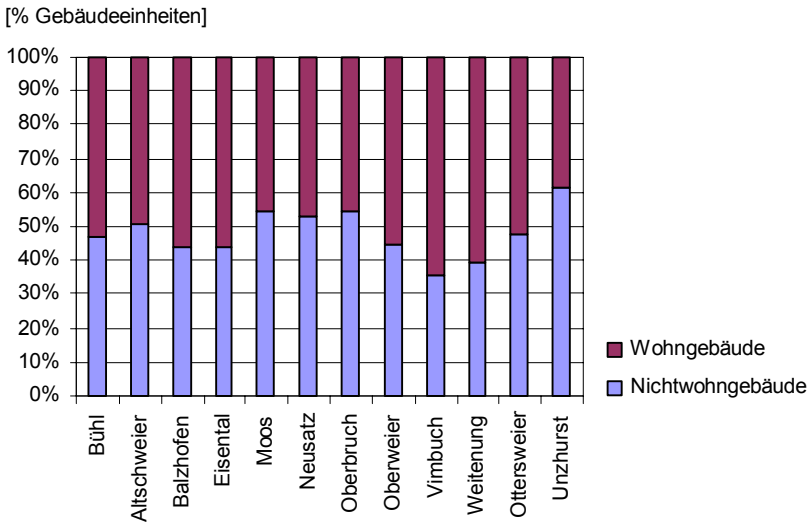


Abb. A3.6: Prozentuale Verteilung der Gebäudeeinheiten ohne Garagen aus dem ALB für Bühl und Ortsteile (s. S. 282)

Flurstücknutz.	Ettl.	Br.hsn	Ett.weier	Ob.weier	Schl.bach	Schöllbr.	Spes.
GFÖ	367,2	18,0	30,2	5,9	14,8	16,9	30,0
GFW	1.816,2	613,6	428,9	181,3	186,6	471,8	353,4
GFHW	278,2	11,3	9,3	2,4	1,1	8,4	11,6
GFGI	1.906,3	22,1	108,7	116,0	0,0	8,3	0,6
GFV	24,5	1,1	1,6	1,1	0,2	0,6	1,1
GFEs	29,1	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	4,2
GFLF	44,1	14,7	1,6	10,8	10,3	4,7	10,2
GFE	48,6	31,5	3,8	6,3	1,6	3,9	0,3
Hist	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bpl	543,2	106,5	67,0	46,3	14,4	38,8	89,9
Abl	0,7	0,0	0,1	0,9	0,0	2,2	0,0
Hal	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lpl	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BfEs	22,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Spo	178,3	31,9	40,7	26,6	15,7	52,5	24,3
Anl	333,1	97,7	14,5	3,4	0,5	14,7	4,4
Fhf	18,1	12,9	9,6	3,0	4,1	14,1	12,8
S	1.828,8	296,6	282,1	87,0	38,6	184,5	107,0
Weg	312,2	68,1	61,6	52,8	15,5	63,5	20,0
Pl	137,4	5,3	1,3	0,4	0,0	21,1	0,0
Bgl	257,7	23,0	95,9	0,0	5,6	0,0	0,0
A	5.941,8	841,2	1.148,3	1.248,7	479,4	1.436,2	938,9
Gr	915,9	488,5	792,8	690,5	352,5	596,7	453,8
G	542,5	11,8	25,3	45,2	8,4	42,9	33,4
Wg	0,0	0,0	0,0	11,3	0,0	0,0	0,0
LH	19,5	18,9	142,8	142,2	0,0	0,0	0,0
NH	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,8	0,0
LNH	17.268,9	1.404,5	1.741,9	1.415,1	575,7	3.863,8	2.321,3
Geh	18,2	4,1	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0
Fluß	94,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
WaK	22,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bach	1,6	0,0	0,7	0,0	0,0	0,6	0,4
WaG	161,9	21,7	8,5	20,7	1,1	0,7	0,0
See	0,0	87,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
WaT	7,0	0,0	5,1	0,4	0,0	0,0	0,0
Br	47,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sfl	55,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
U	87,6	14,0	21,4	21,7	1,2	2,6	4,4
Summe	33356,7	4247,5	5045,1	4142,1	1727,1	6882,6	4421,9

Tab. A3.8: Flächennutzung nach ALK in 1000 m² für Ettlingen und Ortsteile, für Flächendefinition (s. Tab. A2.2: S. 270)

	Gebäude- und Freiflächen	Bauplatz	Betriebs- flächen	Anlagen	Verkehrs-flächen	Acker- und Grünland	Gewässer	Wald	Brach-land
Ettlingen	13,5	1,6	0,1	1,6	7,6	22,2	0,9	51,9	0,6
Bruchhausen	16,8	2,5	0,0	3,4	9,3	31,6	2,6	33,6	0,4
Ettlingenweier	11,6	1,3	0,0	1,3	8,7	39,0	0,3	37,4	0,4
Oberweier	7,8	1,1	0,0	0,8	3,4	48,2	0,5	37,7	0,5
Schluttenbach	12,4	0,8	0,0	1,2	3,5	48,7	0,1	33,3	0,1
Schöllbronn	7,5	0,6	0,0	1,2	3,9	30,2	0,0	56,6	0,0
Spessart	9,3	2,0	0,0	0,9	2,9	32,3	0,0	52,5	0,1
Minimum	7,5	0,6	0,0	0,8	2,9	22,2	0,0	33,3	0,0
Maximum	16,8	2,5	0,1	3,4	9,3	48,7	2,6	56,6	0,6
Mittelwert	11,3	1,4	0,0	1,5	5,6	36,0	0,6	43,3	0,3
Varianz	9,6	0,4	0,0	0,6	6,7	82,3	0,7	85,2	0,0
Standardabweichung	3,1	0,6	0,0	0,8	2,6	9,1	0,8	9,2	0,2

Tab. A3.9: Prozentuale Analyse der Flächennutzung für Ettlingen und Ortsteile, für Flächendefinition (s. Tab. A2.2: S. 270)

	Siedlungsflächen frei	Siedlungsflächen bebaut	Verkehrsflächen
Ettlingen	53,4	15,5	31,0
Bruchhausen	59,5	11,4	29,0
Ettlingenweier	51,7	10,2	38,1
Oberweier	62,7	11,5	25,8
Schluttenbach	67,7	12,9	19,3
Schöllbronn	58,1	12,2	29,7
Spessart	68,3	12,7	19,0
Minimum	51,7	10,2	19,0
Maximum	68,3	15,5	38,1
Mittelwert	60,2	12,4	27,4
Varianz	36,0	2,4	39,2
Standardabweichung	6,0	1,6	6,3

Tab. A3.10: Prozentuale Flächenanalyse der Siedlungs- und Verkehrsflächen für Ettlingen und Ortsteile, für Flächendefinition (s. Tab. A2.2: S. 270), (s. Abb. 6.11: S. 153)

Nutz.Kategorie	Ettl.	Br.hsn	Ett.weier	Ob.weier	Schl.ba.	Schöllbr.	Spes.
Geb. u. Freifl.	4516,3	712,2	585,5	323,7	214,6	514,7	411,4
Bauplatz	543,2	106,5	67,0	46,3	14,4	38,8	89,9
Betriebsflächen	44,0	0,0	0,1	0,9	0,0	2,2	0,0
Anlagen	529,4	142,4	64,8	33,0	20,2	81,3	41,6
Verkehrsflächen	8478,0	1234,3	1589,2	1388,9	539,0	1705,3	1065,9
Acker- u. Grünland	1458,3	500,3	818,1	747,0	360,9	639,7	487,2
Wald	17309,6	1427,5	1884,7	1559,6	575,7	3896,5	2321,3
Gewässer	287,6	108,8	14,3	21,1	1,1	1,3	0,4
Brachland	190,2	15,6	21,4	21,7	1,2	2,8	4,4
Summe	33356,7	4247,5	5045,1	4142,1	1727,1	6882,6	4421,9

Tab. A3.11: Flächennutzung nach Nutzungskategorie in 1000 m², für Flächendefinition (s. Tab. A2.2: S. 270)

Nutz. Kategorie	Ettl.	Br.hsn	Ett.weier	Ob.weier	Schl.ba.	Schöllbr.	Spes.
Geb. u. Freifl.	14%	17%	12%	8%	12%	7%	9%
Bauplatz	2%	3%	1%	1%	1%	1%	2%
Betriebsflächen	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Anlagen	2%	3%	1%	1%	1%	1%	1%
Verkehrsflächen	25%	29%	32%	34%	31%	25%	24%
Acker- u. Grünland	4%	12%	16%	18%	21%	9%	11%
Wald	52%	34%	37%	38%	33%	57%	52%
Gewässer	1%	3%	0%	1%	0%	0%	0%
Brachland	1%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
Summe	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tab. A3.12: Prozentuale Flächennutzung nach Nutzungskategorie in Ettlingen und Ortsteilen

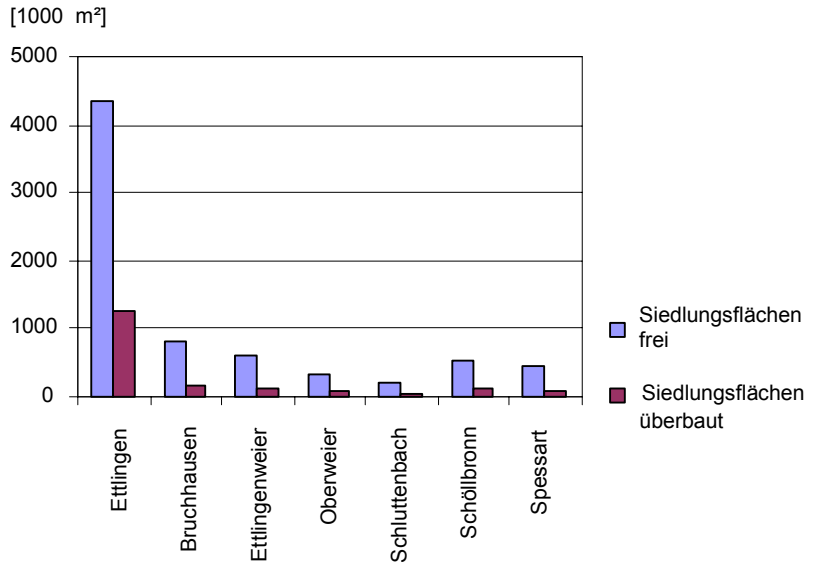


Abb. A3.7: Verteilung der Siedlungsflächen in Ettlingen und Ortsteilen (s. Tab. A3.10: S. 285)

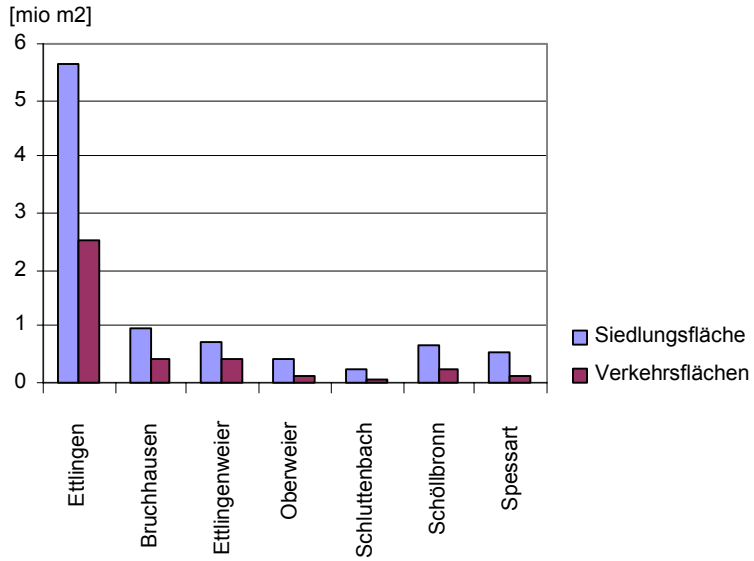


Abb. A3.8: Verteilung der Siedlungs- und Verkehrsflächen in Ettlingen und Ortsteilen (s. Tab. A3.13: S. 287)

Flächennutzung	Ettl.	Br.hsn	Ett.weier	Ob.weier	Schl.ba.	Schöllbr.	Spes.
Siedlungsfläche	5632,9	961,2	717,4	403,9	249,2	637,0	542,8
Verkehrsflächen	2536,2	393,1	440,9	140,2	59,7	269,1	127,0
Summe	8169,1	1354,3	1158,3	544,1	308,9	906,1	669,8

Tab. A3.13: Flächennutzung nach Nutzungskategorie in 1000 m²

Flächennutzung	Ettl.	Br.hsn	Ettl.weier	Ob.weier	Schl.bach	Schöllbr.	Spes.
Siedlungsfläche	69%	71%	62%	74%	81%	70%	81%
Verkehrsflächen	31%	29%	38%	26%	19%	30%	19%
Summe	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tab. A3.14: Flächennutzung nach Nutzungskategorie in Prozent

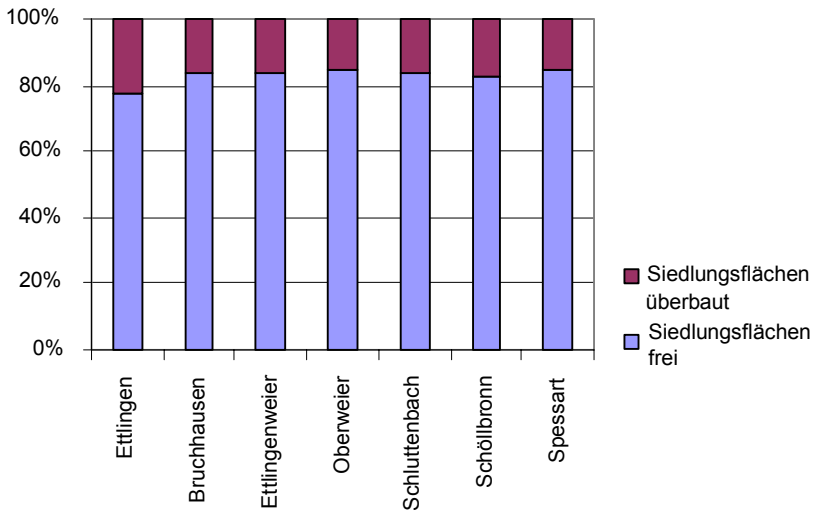


Abb. A3.9: Prozentuale Verteilung der freien und bebauten Siedlungsflächen

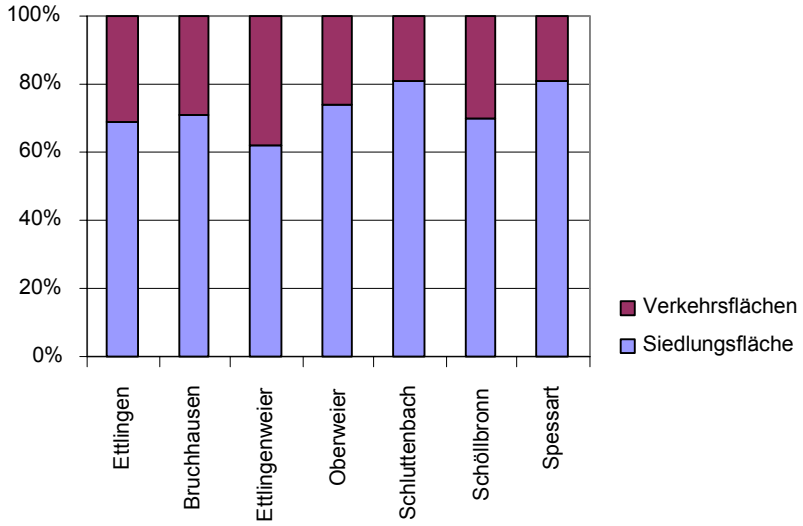


Abb. A3.10: Prozentuale Verteilung der Verkehrs- und Siedlungsflächen
(s. Tab. A3.14: S. 287)

BF [m²]	Anzahl	Min	Max	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.	Summe
AK_1	3	76,5	182,8	128,0	1889,3	43,5	384,1
AK_2	17	60,1	217,0	116,2	1651,4	40,6	1975,4
AK_3	68	34,9	601,1	119,5	16801,9	129,6	8127,0
AK_4	35	61,6	612,6	300,8	15888,0	126,0	10528,3
AK_5	6	69,3	496,9	198,7	21557,7	146,8	1192,0
AK_6	12	113,1	869,4	313,4	41651,4	204,1	3760,7
gesamt	141	34,9	869,4	184,2	24195,5	155,5	25967,4

Tab. A3.15: Analyse BF nach Altersklassen aus dem Teilbestand „Wohnungsbaugesellschaften“

NF [m²]	Anzahl	Min	Max	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.	Summe
AK_1	3	74,6	314,6	216,4	10549,5	102,7	649,2
AK_2	17	93,5	484,7	211,2	10142,8	100,7	3590,6
AK_3	68	41,4	1175,9	225,5	81740,1	285,9	15331,1
AK_4	35	128,2	1577,7	711,3	96669,5	310,9	24894,5
AK_5	6	125,3	1667,2	710,8	425649,8	652,4	4264,6
AK_6	12	188,4	1060,7	502,6	53335,2	230,9	6031,2
gesamt	141	41,4	1667,2	388,4	136143,7	369,0	54761,1

Tab. A3.16: Analyse NF nach Altersklassen aus dem Teilbestand „Wohnungsbaugesellschaften“

BF [m²]	Anzahl	Min	Max	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.	Summe
AK_1	1	76,5	76,5	76,5	0,0	0,0	76,5
AK_2	12	60,1	168,8	106,5	1342,0	36,6	1278,1
AK_3	45	34,9	124,8	46,4	282,6	16,8	2086,1
AK_4	1	61,6	61,6	61,6	0,0	0,0	61,6
AK_5	1	69,3	69,3	69,3	0,0	0,0	69,3
AK_6	1	175,1	175,1	175,1	0,0	0,0	175,1
gesamt	61	34,9	175,1	61,4	1256,4	35,4	3746,6
NF [m²]							
AK_1	1	74,6	74,6	74,6	0,0	0,0	74,6
AK_2	12	93,5	300,1	172,5	4951,9	70,4	2070,3
AK_3	45	41,4	249,0	59,9	1770,3	42,1	2697,1
AK_4	1	128,2	128,2	128,2	0,0	0,0	128,2
AK_5	1	125,3	125,3	125,3	0,0	0,0	125,3
AK_6	1	188,4	188,4	188,4	0,0	0,0	188,4
gesamt	61	41,4	300,1	86,6	4482,1	66,9	5283,9

Tab. A3.17: Analyse BF und NF nach Altersklassen für den Haustyp EFH aus dem Teilbestand „Wohnungsbaugesellschaften"

BF [m²]	Anzahl	Min	Max	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.	Summe
AK_1	2	124,9	182,8	153,8	837,5	28,9	307,7
AK_2	5	102,4	217,0	139,5	1627,8	40,3	697,3
AK_3	22	105,8	9788,0	1110,3	4982632,3	2232,2	24427,0
AK_4	34	119,7	1320,2	373,7	53790,1	231,9	12706,8
AK_5	5	113,7	496,9	218,7	21483,5	146,6	1093,6
AK_6	10	113,1	869,4	297,3	42156,1	205,3	2973,1
gesamt	78	102,4	9788,0	541,1	1567778,4	1252,1	42205,4
NF [m²]							
AK_1	2	259,9	314,6	287,3	748,0	27,4	574,6
AK_2	5	184,2	484,7	304,1	10386,6	101,9	1520,3
AK_3	22	286,2	1175,9	561,8	79777,7	282,4	12358,7
AK_4	34	292,5	1577,7	728,4	89219,4	298,7	24766,3
AK_5	5	286,3	1667,2	827,8	428527,8	654,6	4139,2
AK_6	10	256,9	1060,7	527,6	53094,3	230,4	5276,1
gesamt	78	184,2	1667,2	623,5	115522,4	339,9	48635,2

Tab. A3.18: Analyse BF und NF nach Altersklassen für den Haustyp MFH aus dem Teilbestand „Wohnungsbaugesellschaften"

	Anzahl [Stk]	BF [100m²]
W	2977	3734,78
A	7	52,86
B&V	186	734,63
L	679	368,86
NLB	2542	7576,32
So	81	616,34

	Anzahl	BF
W	46,00%	28,55%
A	0,11%	0,40%
B&V	2,87%	5,61%
L	10,49%	2,82%
NLB	39,28%	57,91%
So	1,25%	4,71%

Tab. A3.19: Anzahl und BF absolut und prozentual für Ettlingen Kernstadt
(s. Abb. 6.35: S. 172), (s. Abb. 6.36: S. 172)

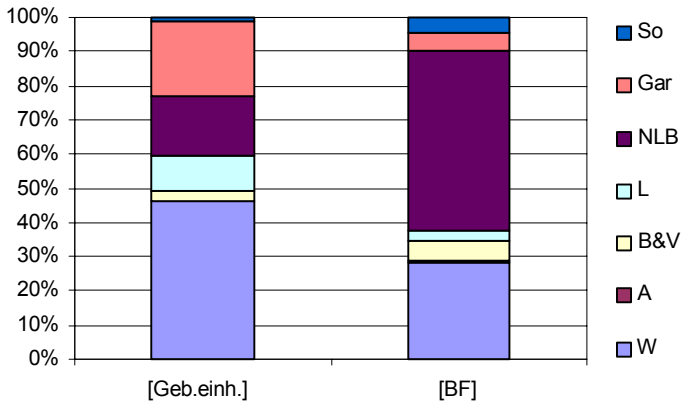


Abb. A3.11: Prozentuale Gegenüberstellung der Gebäudeeinheiten und BF nach Nutzungsklassen für Ettlingen; Ergebnis aus ALK -Auswertung

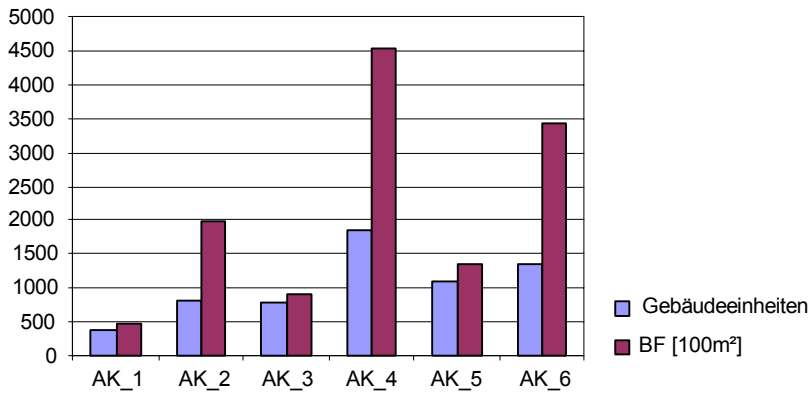


Abb. A3.12: Gegenüberstellung der Gebäudeeinheiten und BF für Ettlingen; Ergebnis aus B-Plan überlagerung mit ALK

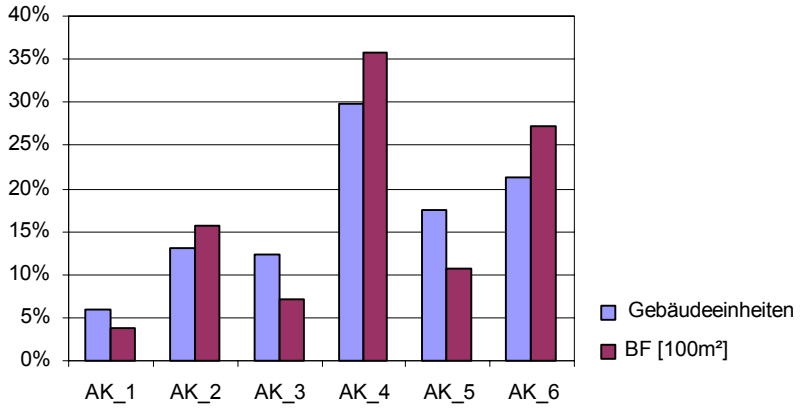


Abb. A3.13: Prozentuale Gegenüberstellung der Gebäudeeinheiten und BF für Ettlingen; Ergebnis aus B-Plan überlagerung mit ALK

[BF m²] AK_1	**Anzahl**	**Min**	**Max**	**Mittelwert**	**Varianz**	**Stand.abw.**	**Summe**
So	9	22,3	1149,4	446,7	142443,7	377,4	4020,3
A	1	119,9	119,9	119,9	0,0	0,0	119,9
B&V	15	21,0	747,8	323,1	66173,9	257,2	4846,1
L	53	0,8	2927,2	102,5	154889,7	393,6	5429,9
NLB	146	9,7	935,8	141,4	14847,5	121,9	20641,5
W	145	15,3	878,7	92,6	6594,1	81,2	13433,0
Summe	369						48490,7

Tab. A3.20: Analyse BF für AK_1; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan (s. Kap. 6.2.2 S. 170)

[BF m²] AK_1	Anzahl	Min	Max	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.	Summe
So	6	195,3	997,1	466,5	74717,9	273,3	2798,8
A	1	119,9	119,9	119,9	0,0	0,0	119,9
B&V	14	66,6	747,8	344,6	63917,0	252,8	4825,1
L	44	10,5	152,4	55,5	1382,6	37,2	2442,7
NLB	141	10,3	468,4	134,1	9687,5	98,4	18912,3
W	136	35,6	193,5	86,8	1451,6	38,1	11798,4
Summe	342						40897,1
Gar	7	18,4	88,1	45,6	715,1	26,7	319,1
NLB	133	10,3	423,6	136,3	8975,3	94,7	18124,8
Summe	140						18443,9

Tab. A3.21: Analyse BF für AK_1; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan ohne Ausreißer (s. Kap. 6.2.2 S. 170)

[BF m²] AK_2	Anzahl	Min	Max	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.	Summe
So	15	11,9	1875,1	478,1	290194,7	538,7	7171,4
A	1	331,7	331,7	331,7	0,0	0,0	331,7
B&V	26	27,0	2758,9	377,1	351142,9	592,6	9803,9
L	153	1,3	302,2	40,8	1527,8	39,1	6242,8
NLB	326	3,2	25358,7	407,4	3195424,0	1787,6	132801,7
W	296	24,7	1874,9	142,6	22516,2	150,1	42208,1
Summe	817						198559,6

Tab. A3.22: Analyse BF für AK_2; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan (s. Kap. 6.2.2 S. 170)

[BF m²] AK_2	Anzahl	Min	Max	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.	Summe
So	13	75,4	1875,1	548,6	297563,2	545,5	7131,6
B&V	24	27,0	851,6	225,6	55570,6	235,7	5414,1
L	147	8,4	159,6	40,3	1079,6	32,9	5919,0
NLB	309	10,1	2841,2	185,0	90265,9	300,4	57172,2
W	288	37,1	517,4	127,6	4713,1	68,7	36740,0
Summe	781						112376,9

Gar	98	11,1	398,5	60,4	4202,9	64,8	5917,2
NLB	216	10,1	6765,0	360,5	739949,1	860,2	77877,0
Summe	314						83794,2

Tab. A3.23: Analyse BF für AK_2; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan ohne Ausreißer (s. Kap. 6.2.2 S. 170)

[BF m²] AK_3	**Anzahl**	**Min**	**Max**	**Mittelwert**	**Varianz**	**Stand.abw.**	**Summe**
So	13	2,0	2035,6	772,9	423962,4	651,1	10047,6
B&V	16	8,9	1010,8	291,0	66019,7	256,9	4656,4
L	89	3,7	142,4	27,8	680,3	26,1	2470,2
NLB	239	5,1	6427,0	100,3	192987,2	439,3	23966,7
W	421	23,3	622,4	116,9	3921,8	62,6	49210,3
Summe	778						90351,1

Tab. A3.24: Analyse BF für AK_3; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan (s. Kap. 6.2.2 S. 170)

[BF m²] AK_3	Anzahl	Min	Max	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.	Summe
So	10	214,0	2035,6	1001,5	324621,4	569,8	10015,2
B&V	13	68,3	664,4	278,9	29091,0	170,6	3626,1
L	229	10,1	1898,5	76,3	25713,6	160,4	17462,4
NLB	420	38,1	622,4	117,1	3910,3	62,5	49187,0
W	82	7,2	118,9	28,0	542,4	23,3	2293,9
Summe	754						82584,5

Gar	170	10,1	148,2	30,8	444,8	21,1	5233,7
NLB	60	10,5	1898,5	204,0	74778,9	273,5	12239,3
Summe	230						17472,9

Tab. A3.25: Analyse BF für AK_3; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan ohne Ausreißer (s. Kap. 6.2.2 S. 170)

[BF m²] AK_4	Anzahl	Min	Max	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.	Summe
So	28	22,3	4930,2	906,1	1504693,4	1226,7	25370,4
A	1	505,1	505,1	505,1	0,0	0,0	505,1
B&V	48	5,2	808,0	254,3	36328,4	190,6	12205,9
L	96	6,0	317,7	36,7	2531,3	50,3	3518,6
NLB	713	4,7	49828,9	395,3	5263447,8	2294,2	281870,0
W	981	33,0	1175,5	132,0	11186,0	105,8	129462,9
Summe	1867						452932,9

Tab. A3.26: Analyse BF für AK_4; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan (s. Kap. 6.2.2 S. 170)

[BF m²] AK_4	**Anzahl**	**Min**	**Max**	**Mittelwert**	**Varianz**	**Stand.abw.**	**Summe**
So	22	75,2	4930,2	1145,2	1648210,6	1283,8	25194,7
A	1	505,1	505,1	505,1	0,0	0,0	505,1
B&V	43	41,2	808,0	281,7	33349,1	182,6	12111,5
L	83	10,1	157,4	28,1	525,3	22,9	2335,7
NLB	699	10,2	9638,4	271,1	725959,2	852,0	189500,4
W	966	41,6	724,8	131,2	9055,8	95,2	126708,5
Summe	1814						356355,9

Gar	447	10,2	324,4	37,9	1309,4	36,2	16946,2
NLB	252	12,0	9638,4	684,7	1743798,5	1320,5	172554,2
Summe	699						189500,4

Tab. A3.27: Analyse BF für AK_4; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan ohne Ausreißer (s. Kap. 6.2.2 S. 170)

[BF m²] AK_5	Anzahl	Min	Max	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.	Summe
So	3	267,4	699,3	414,3	40638,4	201,6	1242,8
A	1	643,6	643,6	643,6	0,0	0,0	643,6
B&V	13	17,1	594,8	190,3	33566,3	183,2	2474,1
L	41	4,0	371,5	40,7	3555,5	59,6	1668,8
NLB	551	4,4	2063,0	107,7	59458,5	243,8	59357,2
W	490	30,2	1478,9	140,9	16331,5	127,8	69060,4
Summe	1099						134447,0

Tab. A3.28: Analyse BF für AK_5; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan (s. Kap. 6.2.2 S. 170)

[BF m²] AK_5	**Anzahl**	**Min**	**Max**	**Mittelwert**	**Varianz**	**Stand.abw.**	**Summe**
So	3	267,4	699,3	414,3	40638,4	201,6	1242,8
A	1	643,6	643,6	643,6	0,0	0,0	643,6
B&V	12	24,4	594,8	204,8	33653,6	183,4	2457,1
L	33	10,3	168,3	38,0	843,4	29,0	1252,8
NLB	542	10,9	1309,1	94,7	39220,8	198,0	51344,5
W	485	46,2	623,8	134,8	9198,3	95,9	65380,0
Summe	1076						122320,8

Gar	414	12,2	1055,8	40,2	11438,0	106,9	16634,1
NLB	128	10,9	1309,1	271,2	88323,2	297,2	34710,3
Summe	542	10,9	1309,1	94,7			51344,5

Tab. A3.29: Analyse BF für AK_5; Ergebnis aus der Überlagerung ALK und B-Plan ohne Ausreißer (s. Kap. 6.2.2 S. 170)

Kurztext ALB	[Stk Geb.einh.]	Summe [m²]	Minimum [m²]	Maximum [m²]
Althm	4	4016,9	331,7	2503,9
Badeg	2	1459,8	93,9	1365,9
Bibl	1	600,2	600,2	600,2
Btrg	335	232381,5	3,2	49828,9
Büro	145	56482,7	5,2	2758,9
Empfg	4	628,6	40,9	327,6
Energie	3	433,8	81,9	220,9
Fabr	66	163376,0	20,9	25358,7
Fhfg	1	262,2	262,2	262,2
Fwg	4	1494,8	70,1	664,4
Gar	1405	65637,5	3,4	2063,0
Gast	17	4422,1	91,8	587,3
Gdehs	7	1886,9	100,7	513,6
Gewhs	19	6592,2	24,0	1834,3
Ghs	63	42583,8	31,4	8015,5
Gths	12	375,0	3,6	103,4
Hbad	1	3606,1	3606,1	3606,1
Heim	3	1268,6	119,9	643,6
Hotel	9	6861,9	126,2	2437,3
Kapelle	1	57,8	57,8	57,8
Kiga	12	3550,2	75,4	699,3
Kiosk	1	90,7	90,7	90,7
Kirche	5	4263,2	267,4	1504,5
Klärwk	8	1127,5	15,4	301,7
Lagg	200	138521,9	2,2	13741,3
Phs	3	6672,7	773,1	3942,9
Polizei	1	692,2	692,2	692,2
Post	2	695,3	75,2	620,1
Rathaus	1	718,9	718,9	718,9
Schr	2	91,4	34,9	56,5
Schr-St	35	6262,3	37,0	2927,2
Schu	186	9341,3	0,8	920,7
Schule	18	28109,4	129,3	5185,4
Sportg	11	12370,1	223,7	3606,2
Sporth	1	1320,3	1320,3	1320,3
Stall	67	1641,2	7,4	164,2
Tgar	52	23728,9	15,9	1745,2
Tkst	9	1510,5	25,8	697,7
Turm	2	48,9	17,3	31,6
Ust	60	1814,1	6,0	216,9
Veranst	2	2767,9	1149,4	1618,5
Vergnst	1	724,3	724,3	724,3
Vwg	17	6326,9	70,6	1010,8
Warteh	2	59,0	27,3	31,7
Wbh	2	283,5	36,9	246,6
WBtrg	20	8173,4	94,5	1182,6
WBüro	15	3279,0	87,3	556,8
WC	16	684,7	2,0	190,8
WGhs	151	27014,8	50,1	1107,6
Wh	2971	373366,5	15,3	1874,9
Wirtg	368	12908,5	1,3	384,0
Wkst	119	31210,6	5,4	3030,4
Woendhs	4	111,1	13,3	51,3
WVwg	3	4468,7	410,3	3463,6
Gesamtergebnis	**6469**	**1308378,0**	**0,8**	**49828,9**

Tab. A3.30: Anzahl und Bebaute Fläche in m² für Ettlingen Kernstadt

Kurztext ALB	Geb.einh. [Stk]	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.
Althm	4	1004,2	774880,0	880,3
Badeg	2	729,9	404445,1	636,0
Bibl	1	600,2	0,0	0,0
Btrg	335	693,7	10103760,6	3178,6
Büro	145	389,5	274720,6	524,1
Empfg	4	157,2	13664,5	116,9
Energie	3	144,6	3313,7	57,6
Fabr	66	2475,4	16134155,3	4016,7
Fhfg	1	262,2	0,0	0,0
Fwg	4	373,7	47646,5	218,3
Gar	1405	46,7	17358,2	131,8
Gast	17	260,1	16420,7	128,1
Gdehs	7	269,6	14721,5	121,3
Gewhs	19	347,0	216915,8	465,7
Ghs	63	675,9	1948141,7	1395,8
Gths	12	31,3	1014,2	31,8
Hbad	1	3606,1	0,0	0,0
Heim	3	422,9	49092,7	221,6
Hotel	9	762,4	473458,0	688,1
Kapelle	1	57,8	0,0	0,0
Kiga	12	295,8	30316,9	174,1
Kiosk	1	90,7	0,0	0,0
Kirche	5	852,6	195666,7	442,3
Klärwk	8	140,9	8813,3	93,9
Lagg	200	692,6	2781315,7	1667,7
Phs	3	2224,2	1710351,9	1307,8
Polizei	1	692,2	0,0	0,0
Post	2	347,6	74234,5	272,5
Rathaus	1	718,9	0,0	0,0
Schr	2	45,7	116,2	10,8
Schr-St	35	178,9	223292,6	472,5
Schu	186	50,2	11753,4	108,4
Schule	18	1561,6	2172460,7	1473,9
Sportg	11	1124,6	1245845,6	1116,2
Sporth	1	1320,3	0,0	0,0
Stall	67	24,5	522,1	22,8
Tgar	52	456,3	177250,1	421,0
Tkst	9	167,8	39711,2	199,3
Turm	2	24,5	51,6	7,2
Ust	60	30,2	1114,8	33,4
Veranst	2	1383,9	55020,7	234,6
Vergnst	1	724,3	0,0	0,0
Vwg	17	372,2	69410,9	263,5
Warteh	2	29,5	4,9	2,2
Wbh	2	141,7	10996,7	104,9
WBtrg	20	408,7	115530,0	339,9
WBüro	15	218,6	15506,8	124,5
WC	16	42,8	2385,8	48,8
WGhs	151	178,9	17015,4	130,4
Whs	2971	125,7	12827,3	113,3
Wirtg	368	35,1	2027,7	45,0
Wkst	119	262,3	184915,3	430,0
Woendhs	4	27,8	206,2	14,4
WVwg	3	1489,6	1954139,5	1397,9
Gesamtergebnis	**6469**	**202,3**	**928922,4**	**963,8**

Tab. A3.31: Anzahl und Bebaute Fläche in m² für Ettlingen Kernstadt

Nutzungsklassen	Geb.einh. [Stk]	Summe [m²]	Minimum [m²]	Maximum [m²]
W	2975	373477,5	13,3	1874,9
A	7	5285,5	119,9	2503,9
B&V	186	73463,2	5,2	3463,6
L	679	36885,7	0,8	2927,2
NLB	2542	757632,1	2,2	49828,9
So	80	61633,9	2,0	5185,4
Gesamtergebnis	**6469**	**1308378,04**	**0,81**	**49828,9**

Tab. A3.32: Analyse Anzahl und bebaute Fläche nach Nutzungsklassen; Ergebnis aus ALK Auswertung, Teil 1

Nutzungsklassen	Geb.einh. [Stk]	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.
W	2975	125,5	12823,2	113,2
A	7	755,1	546602,1	739,3
B&V	186	395,0	277254,4	526,5
L	679	54,3	25442,9	159,5
NLB	2542	298,0	2248855,7	1499,6
So	80	770,4	1140284,1	1067,8
Gesamtergebnis	**6469**	**202,25**	**928922,4**	**963,8**

Tab. A3.33: Analyse Anzahl und bebaute Fläche nach Nutzutzungsklassen; Ergebnis aus ALK Auswertung, Teil 2

AK	Geb.einh. [Stk]	Summe [m³]	Minimum [m³]	Maximum [m³]
-1870	29	27584,9	221,0	2480,0
1871 -1918	69	91822,0	171,0	3924,0
1919 - 1948	101	95898,5	285,0	3543,0
1949 - 1965	215	256617,0	362,0	6500,0
1966 - 1978	75	165090,9	591,0	14351,0
1979 - 1995	89	139966,5	485,0	7919,0
Gesamtergebnis	**578**	**776979,833**	**171**	**14351**

Tab. A3.34: Analyse Anzahl und BRI nach Altersklassen aus Stichprobe Wohnen, Teil 1

AK	Geb.einh. [Stk]	Mittelwert [m3]	Varianz	Stand.abw.
-1870	29	951,2	323583,0	568,8
1871 -1918	69	1330,8	514515,5	717,3
1919 - 1948	101	949,5	333409,7	577,4
1949 - 1965	215	1193,6	548590,1	740,7
1966 - 1978	75	2201,2	6869073,1	2620,9
1979 - 1995	89	1572,7	2428485,7	1558,4
Gesamtergebnis	578	1344,3	1752003,5	1323,6

Tab. A3.35: Analyse Anzahl und BRI nach Altersklassen aus Stichprobe Wohnen, Teil 2

AK	Geb.einh. [Stk]	Summe [m²]	Minimum [m²]	Maximum [m²]
-1870	29	2789,9	41,5	246,0
1871 -1918	69	8242,3	50,9	269,5
1919 - 1948	101	9013,2	34,9	428,0
1949 - 1965	215	25849,2	33,2	469,4
1966 - 1978	75	12012,2	50,8	520,5
1979 - 1995	89	11814,3	45,8	869,4
Gesamtergebnis	**578**	**69721,1**	**33,2**	**869,4**

Tab. A3.36: Analyse Anzahl und BF nach Altersklassen aus Stichprobe Wohnen, Teil 1

AK	Geb.einh. [Stk]	Mittelwert [m²]	Varianz	Stand.abw.
-1870	29	96,2	2175,7	46,6
1871 -1918	69	119,5	1896,9	43,6
1919 - 1948	101	89,2	3581,7	59,8
1949 - 1965	215	120,2	6931,4	83,3
1966 - 1978	75	160,2	15917,8	126,2
1979 - 1995	89	132,7	14234,0	119,3
Gesamtergebnis	**578**	**120,6**	**8224,7**	**90,7**

Tab. A3.37: Analyse Anzahl und BF nach Altersklassen aus Stichprobe Wohnen, Teil 2

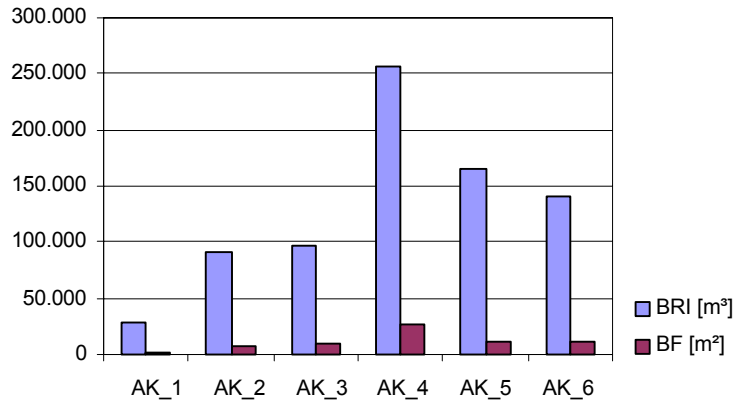


Abb. A3.14: Ergebnis der Verteilung von BF und BRI der Wohngebäude Stichprobe (s. Tab. A3.34: S. 296), (s. Tab. A3.36: S. 297)

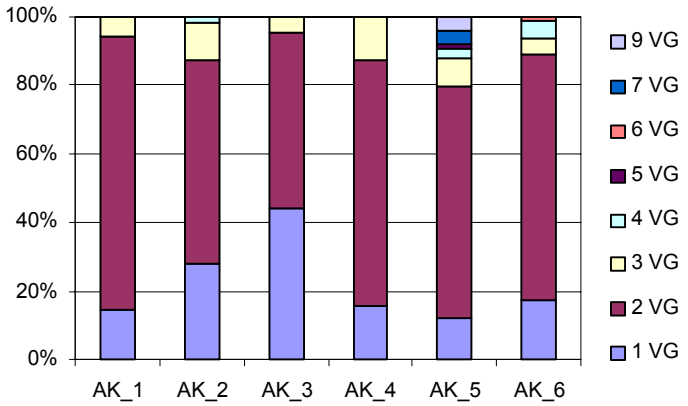


Abb. A3.15: Verteilung der Vollgeschosse der Wohngebäude Stichprobe

Anz. VG	1 VG	2 VG	3 VG	4 VG	5 VG	6 VG	7 VG	9 VG
AK_1	5	27	2					
AK_2	18	38	7	1				
AK_3	45	52	5					
AK_4	34	154	27					
AK_5	9	50	6	2	1		3	3
AK_6	16	65	4	5		1		

Tab. A3.38: Verteilung der Vollgeschosse der Wohngebäude Stichprobe
(s. Abb. A3.15: S. 298)

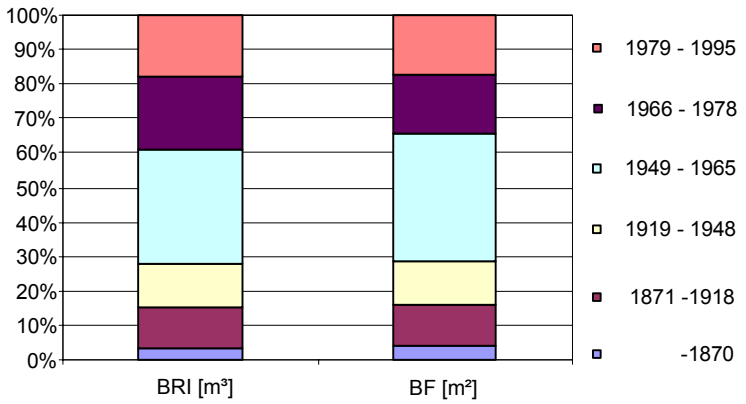


Abb. A3.16: Gegenüberstellung der prozentualen Verteilung von BRI und BF aus Wohngebäude Stichprobe nach Altersklassen

AK	BRI [m³]	BF [m²]
-1870	3,6%	4,0%
1871 -1918	11,8%	11,8%
1919 - 1948	12,3%	12,9%
1949 - 1965	33,0%	37,1%
1966 - 1978	21,2%	17,2%
1979 - 1995	18,0%	16,9%
Summe	100,0%	100,0%

Tab. A3.39: Gegenüberstellung der prozentualen Verteilung von BRI und BF aus Wohngebäude Stichprobe nach Altersklassen (s. Abb. A3.16: S. 298)

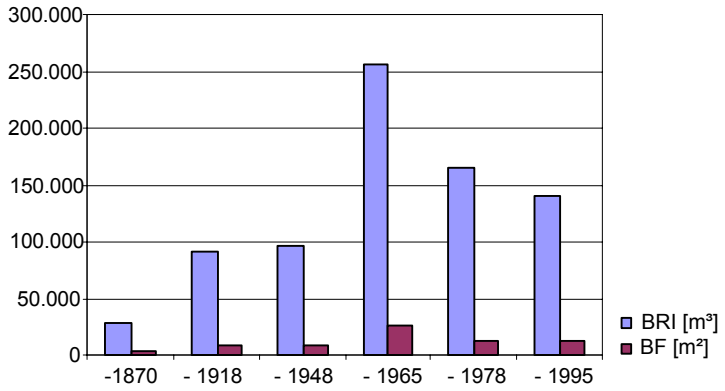


Abb. A3.17: Gegenüberstellung BRI und BF der Wohngebäude aus Stichprobe

BF [m²]	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.
AK_1	29	41,5	246,0	96,2	2175,7	46,6
AK_2	67	50,9	269,5	117,2	1730,8	41,6
AK_3	99	34,9	428,0	85,5	2605,3	51,0
AK_4	188	33,2	331,3	99,3	2689,9	51,9
AK_5	58	50,8	498,7	111,4	4710,2	68,6
AK_6	71	45,8	189,1	89,6	1261,7	35,5
gesamt	512	33,2	498,7	98,8	2658,3	51,6

Tab. A3.40: Analyse BF der Klasse EFH aus Stichprobe

BRI [m³]	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.
AK_1	29	221,0	2480,0	951,2	323583,0	568,8
AK_2	67	171,0	3924,0	1303,6	495657,6	704,0
AK_3	99	285,0	3543,0	929,6	319907,7	565,6
AK_4	188	362,0	3385,0	1040,4	280310,9	529,4
AK_5	58	591,0	3502,0	1161,9	385786,9	621,1
AK_6	71	485,0	2894,5	89,6	199518,7	446,7
gesamt	512	171,0	3924,0	1046,5	334624,4	578,5

Tab. A3.41: Analyse BRI der Klasse EFH aus Stichprobe

BF [m²]	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.
AK_1	27	41,5	180,3	91,3	1472,1	38,4
AK_2	61	50,9	269,5	118,8	1828,9	42,8
AK_3	60	41,8	428,0	95,5	3111,2	55,8
AK_4	74	36,5	309,3	124,3	2113,2	46,0
AK_5	29	71,7	498,7	146,1	6685,2	81,8
AK_6	30	45,8	189,1	89,6	1587,3	39,8
gesamt	281	36,5	498,7	114,8	2879,9	53,7

Tab. A3.42: Analyse BF des Haustyps EFH in der Klasse EFH aus Stichprobe

BRI [m³]	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.
AK_1	27	221,0	2480,0	974,6	338337,7	581,7
AK_2	61	258,0	3924,0	1340,7	489979,0	700,0
AK_3	60	299,0	3543,0	1041,6	290561,8	539,0
AK_4	74	468,0	3385,0	1258,8	337970,4	581,4
AK_5	29	732,0	3502,0	1531,5	453835,4	673,7
AK_6	30	485,0	2894,5	89,6	323655,0	568,9
gesamt	281	221,0	3924,0	1223,3	397568,1	630,5

Tab. A3.43: Analyse BRI des Haustyps EFH in der Klasse EFH aus Stichprobe

BF [m²]	**Anzahl**	**Minimum**	**Maximum**	**Mittelwert**	**Varianz**	**Stand.abw.**
AK_1	2	80,0	246,0	163,0	6889,0	83,0
AK_2	3	91,2	137,2	116,9	365,7	19,1
AK_3	25	34,9	197,3	68,9	1441,8	38,0
AK_4	71	46,6	331,3	86,7	2051,2	45,3
AK_5	5	75,4	114,3	90,8	178,2	13,4
AK_6	11	51,1	120,6	89,6	439,0	21,0
gesamt	117	34,9	331,3	84,1	1924,9	43,9

Tab. A3.44: Analyse BF des Haustyps DH in der Klasse EFH aus Stichprobe

BRI [m³]	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.
AK_1	2	503,9	767,0	635,4	17306,2	131,6
AK_2	3	1244,0	1882,0	1520,3	71481,6	267,4
AK_3	25	285,0	2818,0	757,4	301548,7	549,1
AK_4	71	468,0	2085,0	927,2	100644,4	317,2
AK_5	5	728,0	1329,0	972,4	47093,4	217,0
AK_6	11	518,0	1075,0	89,6	26799,8	163,7
gesamt	117	285,0	2818,0	883,7	150988,3	388,6

Tab. A3.45: Analyse BRI des Haustyps DH in der Klasse EFH aus Stichprobe

BF [m²]	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.
AK_3	14	38,6	161,6	72,5	1421,4	37,7
AK_4	43	33,2	324,3	76,9	2895,8	53,8
AK_5	24	50,8	133,0	73,9	315,9	17,8
AK_6	30	46,0	133,6	71,2	279,8	16,7
gesamt	111	33,2	324,3	74,1	1450,5	38,1

Tab. A3.46: Analyse BF des Haustyps RH in der Klasse EFH aus Stichprobe

BRI [m³]	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.
AK_3	14	285,0	2229,0	756,7	341818,5	584,7
AK_4	43	362,0	2800,0	851,4	338794,4	582,1
AK_5	24	591,0	1453,0	754,9	35958,2	189,6
AK_6	30	526,0	1097,0	745,2	22838,6	151,1
gesamt	111	285,0	2800,0	789,9	190713,1	436,7

Tab. A3.47: Analyse BRI des Haustyps RH in der Klasse EFH aus Stichprobe

BF [m²]	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.
AK_2	2	157,0	234,2	195,6	1491,5	38,6
AK_3	2	139,4	405,4	272,4	17695,7	133,0
AK_4	27	86,4	469,4	266,2	12086,9	109,9
AK_5	12	134,7	446,0	267,1	11503,1	107,3
AK_6	18	113,0	869,4	303,0	29085,5	170,5
gesamt	61	86,4	869,4	275,1	17308,5	131,6

Tab. A3.48: Analyse BF der Klasse MFH aus Stichprobe

BRI [m³]	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Varianz	Stand.abw.
AK_2	2	1697,0	2783,0	2240,0	294849,0	543,0
AK_3	2	1836,0	2035,0	1935,5	9900,3	99,5
AK_4	27	799,0	6500,0	2260,2	1115545,9	1056,2
AK_5	12	1680,0	7599,0	4363,7	3948001,7	1987,0
AK_6	18	1188,0	7919,0	4115,7	3114206,7	1764,7
gesamt	61	799,0	7919,0	3210,2	3186629,6	1785,1

Tab. A3.49: Analyse BRI der Klasse MFH aus Stichprobe

	-1700	1725	1750	1775	1800	1825	1850	1875	1900	1925	1950	1975	2000
Anzahl	2	2	3	4	5	1	4	3	31	36	86	257	82
GRZ	0,56	0,62	0,77	0,70	0,36	0,79	0,52	0,58	0,35	0,30	0,18	0,25	0,38
GFZ	0,92	1,01	0,98	0,92	0,64	1,09	0,67	1,18	0,42	0,53	0,24	0,44	0,67

Tab. A3.50: Verteilung von GFZ und GRZ der Wohngebäude aus der Stichprobe in 25-Jahres Intervallen

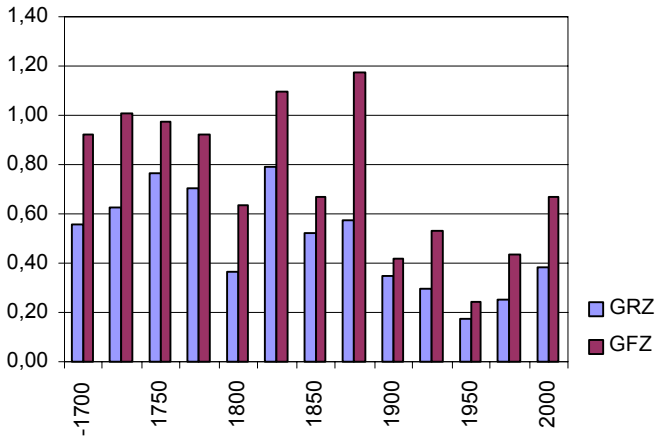


Abb. A3.18: Verteilung von GFZ und GRZ der Wohngebäude aus der Stichprobe in 25-Jahres Intervallen (s. Tab. A3.50: S. 301)

[Geb.einh.]	EFH	MFH	HH	Summe
AK_1	36	0	0	36
AK_2	73	3	0	74
AK_3	105	4	0	109
AK_4	191	29	0	220
AK_5	62	16	2	80
AK_6	88	18	0	106

Tab. A3.51: Verteilung der Haustypen in der Wohngebäudestichprobe

[m² BF]	EFH	MFH	HH	Summe
AK_1	3436	0	0	3436
AK_2	8327	484	0	8811
AK_3	15791	797	0	16588
AK_4	18896	7532	0	26428
AK_5	6464	4827	1009	12300
AK_6	13872	5233	0	19105

Tab. A3.52: Verteilung BF der Haustypen in der Wohngebäudestichprobe

[m³ BRI]	EFH	MFH	HH	Summe
AK_1	28330	0	0	28330
AK_2	87342	4480	0	91822
AK_3	93247	3871	0	97118
AK_4	201038	61025	0	262063
AK_5	70312	69196	28502	168010
AK_6	82497	67960	0	150457

Tab. A3.53: Verteilung BRI der Haustypen in der Wohngebäudestichprobe

	EFH [m² BF]	MFH [m² BF]	HH [m² BF]	EFH [m³ BRI]	MFH [m³ BRI]	HH [m³ BRI]
AK_1	100%	0%	0%	100%	0%	0%
AK_2	95%	5%	0%	95%	5%	0%
AK_3	95%	5%	0%	96%	4%	0%
AK_4	72%	28%	0%	77%	23%	0%
AK_5	53%	39%	8%	42%	41%	17%
AK_6	73%	27%	0%	55%	45%	0%

Tab. A3.54: Prozentuale Verteilung von BF und BRI der Haustypen in der Wohngebäudestichprobe

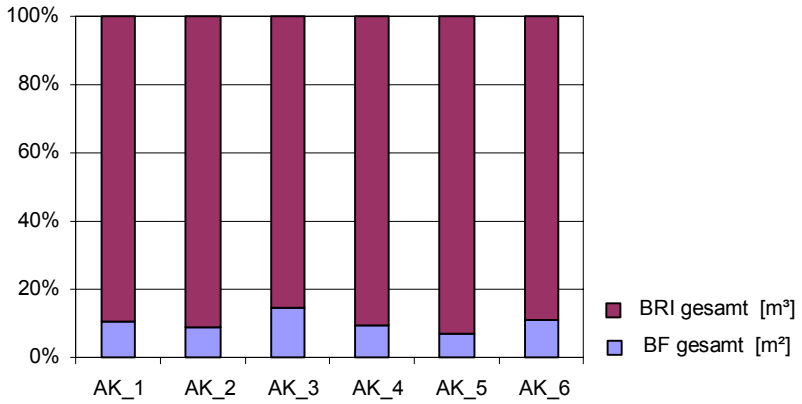


Abb. A3.19: Prozentuales Verhältnis der BF zu BRI der Wohngebäude aus Stichprobe

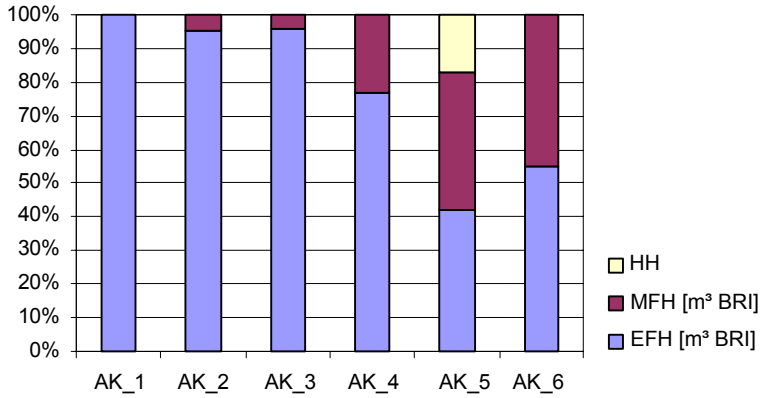


Abb. A3.20: Prozentuales Verhältnis des BRI's nach Haustypen der Wohngebäude aus Stichprobeaus

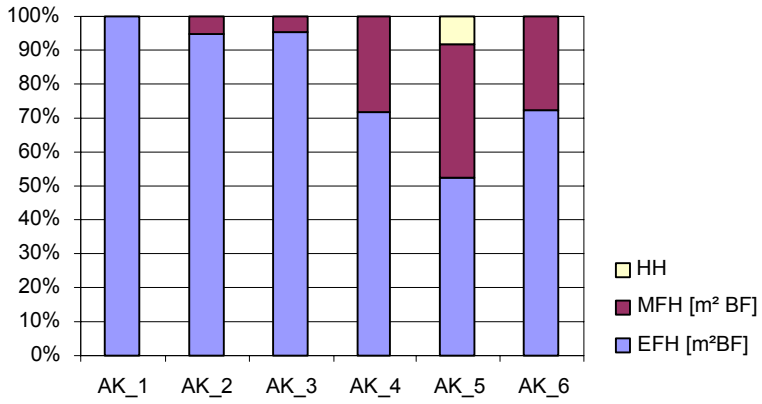


Abb. A3.21: Prozentuales Verhältnis der BF nach Haustypen der Wohngebäude aus Stichprobeaus

Nutzung	Ettlingen Kernstadt	Bruchhausen	Ettlingenweier	Oberweier	Schöllbronn	Spessart	Schluttenbach
W	3398	1173	708	292	805	615	269
A	8	0	0	0	1	0	0
B&V	305	6	12	12	2	3	3
L	430	383	395	248	278	346	86
NLB	3963	943	581	268	779	628	245
So	111	19	15	6	23	10	7
NW	4817	1351	1003	534	1083	987	341
Summe	8215	2524	1711	826	1888	1602	610
Einwohner	22.197	5.146	2.898	1.368	807	2.965	2.995
Gebäude	8215	2524	1711	826	1888	1602	610
EW/Gebäude	2,70	2,04	1,69	1,66	0,43	1,85	4,91
EW/Wohngeb.	6,53	4,39	4,09	4,68	1,00	4,82	11,13
EW/Nichtwohng.	4,61	3,81	2,89	2,56	0,75	3,00	8,78

Tab. A3.55: Analyse Einwohner zu Gebäudeeinheiten für Ettlingen und Ortsteile