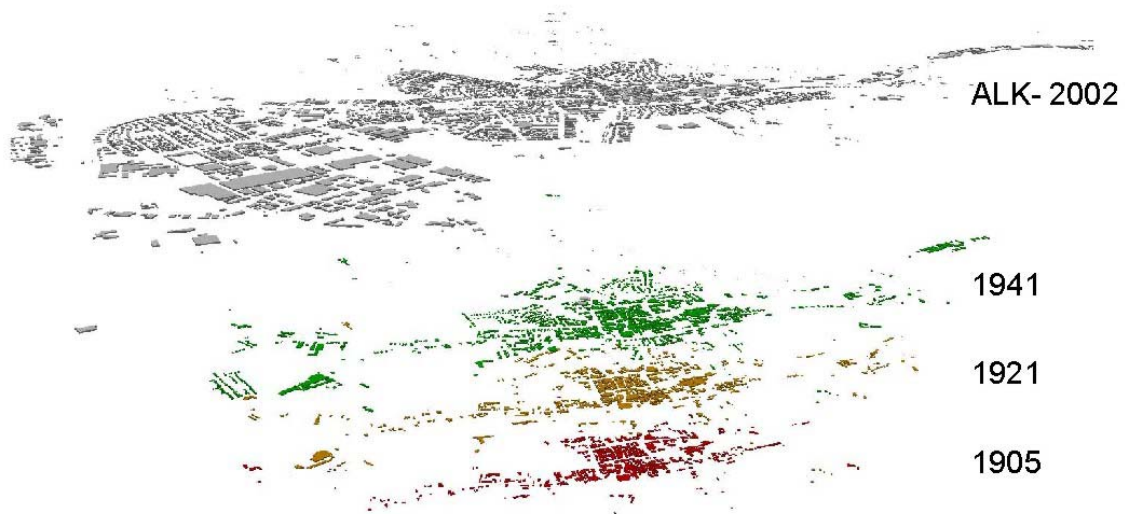


Abschlussbericht des DFG-Projekts

„Validierung eines integrierten, dynamischen Modells des deutschen Gebäudebestandes“

Kennwort: „Bestandsmodellvalidierung“ [BEVAL], KO 1488/4-2

Dr. rer. nat. Patrick Erik Bradley, Dipl.-Phys. Dipl.-Ing. Claudio Ferrara



Universität Karlsruhe

Institut für Industrielle Bauproduktion (ifib)
Professor Dr. ès. sc. tech. Niklaus Kohler

Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt

Professur für Statistik (PfS)
Professor Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Bischoff

1. Allgemeine Angaben

- DFG-Geschäftszeichen: KO 1488/4-1, 4-2
- Antragsteller: Prof. Dr. ès. sc. tech. Niklaus Kohler, Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Bischoff
- Institut/Lehrstuhl: Institut für Industrielle Bauproduktion (ifib), Institut für Mathematische Stochastik (IMS)
- Thema des Projekts: „Validierung eines integrierten dynamischen Modells des Deutschen Gebäudebestandes“
- Berichtszeitraum, Förderungszeitraum insgesamt: 01.09.1999 – 30.09.2003
- Liste der Publikationen aus diesem Projekt (bitte Sonderdrucke beifügen):

Bader, Guido; Bischoff, Wolfgang; Kohler, Niklaus; Schwaiger, Bärbel; Validierung eines integrierten dynamischen Modells des Deutschen Gebäudebestandes, Zwischenbericht zum DFG-Projekt KO 1488/4-1, Universität Karlsruhe, 2001

Bader, Guido; Bischoff, Wolfgang; Kohler, Niklaus; Schwaiger, Bärbel; Statistische Methoden zur Analyse von Gebäudebeständen, Stadtforschung und Statistik, 1/02, S.44-47, 2002

Bader, Guido; Ferrara, Claudio; Schwaiger, Bärbel; Methoden zur Analyse von Gebäudebeständen, Alterungsmodelle und Prognose von Stoffströmen mit Anwendung auf den Gebäudebestand der Stadt Ettlingen, Arbeitsbericht, ifib, Universität Karlsruhe, 2001

Behnisch, Martin; Ferrara, Claudio; Kohler, Niklaus; Klassifizierung deutscher Gemeinden nach bestandsorientierten Merkmalen, Technischer Bericht, Nr. 2004-03, ifib, Universität Karlsruhe, 2004, eingereicht bei Stadtforschung und Statistik

Behnisch, Martin; Klassifizierung von Gemeinden nach bestandsorientierten Merkmalen, Universität Karlsruhe, 2004

Bischoff, Wolfgang; Bradley, Patrick Erik; Ferrara, Claudio; Kohler, Niklaus; Überlebensanalyse von Gebäudebeständen am Beispiel der Stadt Ettlingen, Technischer Bericht Nr. 2004-02, ifib, Universität Karlsruhe, 2004, eingereicht bei Stadtforschung und Statistik

Bradley, Patrick Erik; Einführung in die Überlebensanalyse von Gebäudebeständen, Technischer Bericht Nr. 2004-06, ifib, Universität Karlsruhe, 2004, eingereichter Buchbeitrag in [HK04]

Bradley, Patrick Erik; Validierung eines integrierten, dynamischen Modells des deutschen Gebäudebestandes: Statistischer Teil, Technischer Bericht Nr. 2004-01, ifib, Universität Karlsruhe, 2004

Buergel-Goodwin, Ebba Vergleichende Studie zu Erneuerung, Unterhalt und Betrieb für Bestandsgebäude auf Bauteilebene – Basisdaten für Kosten und LCA, Universität Karlsruhe, in Bearbeitung

Ferrara, Claudio; Validierung eines integrierten, dynamischen Modells des Deutschen Gebäudebestandes: Allgemeiner Teil, Technischer Bericht Nr. 2004-04, ifib, Universität Karlsruhe, 2004

Schwaiger, Bärbel; Strukturelle und dynamische Modellierung von Gebäudebeständen, Dissertation, Universität Karlsruhe, Karlsruhe, 2002

Viejo García, Pablo; Gebäudebestand in Ettlingen – Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft, Universität Karlsruhe, 2003

Webseite des Forschungsprojektes „Bestandsmodellierungvalidierung“, http://www.ifib.uni-karlsruhe.de/de/beval_de.html

2. Arbeits- und Ergebnisbericht

- Ausgangsfragen und Zielsetzung des Projekts

In der Diskussion einer nachhaltigen Entwicklung in Deutschland kommt dem deutschen Gebäudebestand eine besondere Bedeutung zu. Er stellt zum Einen das größte physische, ökonomische und soziokulturelle Kapital einer Gesellschaft dar und ist als solcher nicht reproduzierbar. Zum Anderen ist der Betrieb des Gebäudebestandes (Heizung, Warmwasser, Elektrizität) zu rund 30 % (Stand 2001) für den bundesdeutschen Endenergieumsatz verantwortlich [BMW03]. Somit kommt seiner Erhaltung und seinem Betrieb eine besondere Rolle zu.

Entgegen der dargestellten Notwendigkeit eines ausreichenden Wissens, gibt es über den deutschen Gebäudebestand nur wenige Informationen, die eine Beschreibung seines Umfangs, seiner stofflichen Zusammensetzung, seiner Dynamik und seiner Lokalisierung erlauben. Ziel des Projektes war sowohl ein Erkenntnisgewinn als auch ein Methodengewinn zu Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft des Bestandes.

Ein wesentliches Ziel zu Anfang des Projektes war es, eine Methode zur Erfassung von gebäudebestandsbezogenen Daten zu entwickeln und zu erproben. Damit sollten vor Allem gültige Aussagen über Struktur und Dynamik des deutschen Gesamtbestand ermöglicht werden. Diese Daten sollten des Weiteren der mathematischen und datenbanktechnischen Modellierung des Gebäudebestandes dienen.

Auf der Grundlage eines offenen dynamischen Modells des deutschen Gebäudebestandes, sollte es möglich sein Prognosen zum Einfluss von verschiedenen Bewirtschaftungsstrategien, gesetzlichen Normen und neuer Technologien zu erstellen und die ökonomischen und ökologischen Einflüsse dieser Faktoren zu berechnen. Offen bedeutet hier, dass das Modell verschiedene Sichten und eine Überlagerung verschiedener Ebenen und Detaillierungsgrade ermöglicht. Durch die zusätzliche Verknüpfung von Daten aus verschiedenen anderen Projekten konnte eine übergreifende Analyse durchgeführt werden.

Das Gebäudebestandsmodell gliedert sich in vier Ebenen Gebäudebestand, Gebäude, Bauteile und Materialien. Wichtigste Ebene für dieses Projekt war die Gebäudeebene. Sie dient auch der projektübergreifenden Erfassung und Überlagerung von Daten und deren Analyse.

Zusammenfassend ließen sich zwei operative Projektziele formulieren:

- Entwicklung und Verfeinerung einer Methode zur Erfassung von Daten von Gebäudebeständen unter Verwendung einer Datenbank
- Erfassung und statistische Analyse von Daten für Gebäude in der Modellstadt Ettlingen.

Als ergänzende Leistungen wurde die Ausweitung der Erfassungsmethode auf andere Problemstellungen, eine Erweiterung der Untersuchungsmethoden unter Verwendung von Geoinformationssystemen (GIS) und Übertragbarkeitskriterien der Erkenntnisse vom Modellbestand der Stadt Ettlingen auf einen größeren Bestand entwickelt.

- Entwicklung der durchgeführten Arbeiten einschließlich Abweichungen vom ursprünglichen Konzept, ggf. wissenschaftliche Fehlschläge, Probleme in der Projektorganisation oder technischen Durchführung

Das Arbeitsprogramm sah für das Projekt folgende Arbeitsschritte und Teilziele vor:

- Bestimmung der Datenquellen
- Erfassung der notwendigen Daten
- Aufbau einer Datenbank und einer Anbindung an ein GIS
- Auswertung und Analyse
- Validierung der Ergebnisse und der in der Stichprobe erhobenen Daten
- Schätzung der klassenspezifischen Gebäudelebensdauer und Überlebenswahrscheinlichkeit.

Datenquellen und -erfassung

Die Auswahl und Bewertung der möglichen Datenquellen und die Analyse der in der ersten Projektphase erfassten Daten ergab eine strukturierte Sicht auf den Gebäudebestand der Stadt Ettlingen. Die Ergebnisse sind in [BBKS01] und [BFS01] ausführlich erläutert.

Hauptziel der zweiten Projektphase war die Dynamik des Gebäudebestandes, die durch die Prozesse Neubau, Um- und Anbau, Nutzungsänderung, Erneuerung und Abbruch erzeugt wird, zu erfassen. Auf Grund der vielseitigen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Faktoren (Material-, Bauteilalterung, Obsoleszenzfaktoren) ist eine direkte und exakte Beschreibung der Prozesse derzeit nicht möglich. Der hier verfolgte Ansatz sieht vor, die Prozesse in vereinfachter Form zu analysieren und die daraus gewonnenen Informationen zur mathematischen Modellierung zu nutzen.

The screenshot shows the 'ifib' data entry interface. At the top, there are buttons for 'Neuer Datensatz global', 'Duplikat Global', 'Datensatz 216 / 1030', 'Löschen Global', and 'Hauptfeld Nr. vergeben'. Below this, there are fields for 'Globale Daten' (Hauptfeld Nr., Erstellung, Änderungszeitpunkt, Datenquelle) and 'Lokale Daten' (ID Nummer, Ort, Straße, Hausnummer, Vollgesch., Keller-Gesch.). A central section contains 'Eingangsdaten' (Eingangsjahr, Eingangsgrund, Eigentümer, Zustand, vers. Neubauposten) and 'Bemerkung'. The main part of the form is a table for floor area and volume calculations, with columns for floor number, area, and volume. Below the table are fields for wall and roof construction details (Wand, Dach, Dämmstoff, Heizungsart, Fensterelement) and their respective material types and quantities.

Abbildung 1: Eingabemaske Datenbank für die detaillierte Erfassung.

Technische Schwierigkeiten mit der ersten Version der Datenbank und die fehlende Anbindung an ein GIS erforderten die Neuerstellung der Datenbank. Dabei konnten die erhobenen Daten aus der ersten Datenbank importiert werden. Die neue Datenbank wurde so aufgebaut, dass nur noch klassifizierte Antworten eingegeben bzw. ausgewählt werden können (Abbildung 1). Damit wurden eingabebedingte Inkonsistenzen, die durch die direkte

Übertragung der Akteneinträge, z.B. durch unterschiedliche Schreibweisen, Abkürzungen (z.B.: Abbruch, Abriss, Abr. etc.) und Tippfehler vermieden und eine schnellere und korrekte Eingabe und Auswertung gewährleistet.

Die Analyse der im Rahmen der Stichprobe erhobenen dynamischen Daten (vor allem der Abbrüche) förderte eine für statistisch signifikante Aussagen unzureichende Datenmenge zu Tage. Daher wurde eine Gesamterhebung aller im Bauordnungsamt (BOA) registrierten Abbrüche durchgeführt. Die zur Bestimmung der Gebäudelebensdauer notwendigen Baujahre der als abgebrochen gemeldeten Gebäude wurden in den Unterlagen der Feuerversicherung¹ (FVS) recherchiert. Diese Recherche förderte Inkonsistenzen zwischen den Datenquellen (BOA, FVS) zu Tage. Auf Grund dieser wurde eine adressengenaue Gesamterhebung aller Abbrüche in Ettlingen mit Hilfe der ca. 4000 Akten der FVS durchgeführt, um die bestehenden Widersprüchlichkeiten zu untersuchen. Damit konnte gleichzeitig die Stichprobe validiert werden.



Abbildung 2: Halbautomatische Methode zur Validierung einer alten Karte (1941) mit Hilfe der ALK-Daten [V03].

Zu den Schwierigkeiten des Projektes gehörte auch die sehr mangelhafte Datenlage vor dem Jahr 1936 und nach der Auflösung des Versicherungsmonopols 1994. Der Ansatz im Projekt war, die fehlenden Akten durch den Vergleich mit Karten aus verschiedenen Zeiten zu ergänzen, bzw. dort wo Karten und Akten vorhanden waren, die Informationen aus den Akten durch die Karten zu validieren. Die Karten wurden digitalisiert und in das GIS eingelesen (Bsp. s. Abbildung 2). Dies bietet anschließend die Möglichkeit, nach der Anbindung an die Datenbank dieselben Auswertungen (Anzahl, Größe, etc.) vorzunehmen wie an der Datei des Automatischen Liegenschaftskatasters (ALK, Gebäudebestand im Jahr 2000).

Ein Problem, das schon in der ersten Phase des Projektes auftauchte, war die Identifizierung der einzelnen Gebäude, da bisher die Gebäude immer anhand des Flurstücks zugeordnet wurden [S02]. Da sich aber auf einem Flurstück mehrere Gebäude befinden können und umgekehrt ein Gebäude auf mehrere Flurstücken stehen kann, hat dieses System offensichtliche Grenzen (Abbildung 3). Der hier vorgeschlagene Lösungsansatz sieht die strikte Trennung der Ebenen Gebäude und Flurstück vor. Dies geschieht durch die Vergabe von sogenannten GIS-Index-Nummern, die jedes Gebäude, ähnlich einer Personalausweisnummer, einmalig bekommt. Wird das Gebäude abgebrochen, erlischt die Nummer und wird auch nicht wiedervergeben (Abbildung 4). Damit war es möglich, die in der ALK-Datei vorhandenen Daten (Nutzung nach[StaBu78], Flächenangaben) zusätzlich in die Datenbank zu übertragen und mit auszuwerten.

¹ vollständig: Sparkassenversicherung Gebäudeversicherung – Feuerversicherung Baden-Württemberg



Abbildung 3: Bisheriges Verfahren: Die Gebäude wurden mit den Flurstücken resp. Flurstücknummern verknüpft.



Abbildung 4: Neues Verfahren: Jedes Gebäude bekommt eine eigene einmalige GIS-Index-Nummer. Mit ihr lässt sich jedes Gebäude eindeutig bestimmen und zuordnen.

Durch die notwendig gewordene Nacherfassung und Neuaufbau der Datenbank bedurfte es eines deutlich größeren Zeit- und Personalaufwandes, um die im Antrag vorgegebenen Ziele zu erreichen. Dazu wurden neben den beantragten zwei wissenschaftlichen Hilfskräften weitere Hilfskräfte aus institutseigenen Mitteln zur Verfügung gestellt (s. Tabelle 1) und ein Teil der Fragestellungen im Rahmen von Diplomarbeiten bearbeitet. Um die im Antrag angekündigten Leistungen zu erfüllen war es nicht zu vermeiden, dass das Projekt über die beantragte Dauer bearbeitet wurde und eine Schwerpunktverschiebung (s.u.) stattfand.

Schwerpunktverschiebung / -ausweitung

Die Arbeit kann auf diesem Gebiet als grundlegend betrachtet werden, insbesondere auch im Hinblick auf Folgeprojekte oder Projekte von anderen Forschern. Wir haben deshalb zu Beginn den Schwerpunkt auf die sehr genaue Erfassung und Dokumentation der erfassten Daten und des Vorgehens gelegt.

Zur Validierung der gefundenen Ergebnisse durch Überlagerung und Vergleich verschiedener Quellen war es notwendig, neben den im ersten Projektteil gefundenen Datenquellen weitere zu erschließen (z.B. historische Karten, Bürgerbücher, etc.). Diese Quellen konnten während des Projektzeitraums nur zum Teil genutzt werden, können aber als Basis zukünftiger tiefer gehende historische Forschungen dienen.

Aus Zeitgründen konnte der Anspruch, ein komplett neues dynamisches Modell des deutschen Gebäudebestandes zu erarbeiten nicht erfüllt werden. Zwar ist es möglich, die gefundenen Daten auf Ebene der Gebäudeklassen auf die BRD hochzurechnen, doch wäre das Ergebnis wenig belastbar und nicht signifikant besser als die mit dem schon vorliegenden Modell berechneten Resultate.

Anstelle ungesicherte Resultate vorzulegen wurde der Schwerpunkt auf die Entwicklung einer allgemein gültigen Methode und die Untersuchung und Auswertung der potentiellen Datenquellen gelegt, die dann als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen dienen können. Dabei wurden in der zweiten Phase projektbegleitende Diplomarbeiten zur Ausweitung der gefundenen Ergebnisse durchgeführt, die in [V03] und [Be04] dargestellt sind.

Ein weiterer neuer Schwerpunkt ergab sich durch die Interpretation der Ergebnisse aus der Stichprobe. So wurden 134 Einträge für Veränderungen auf dem Flurstück mit der Adresse

Pforzheimer Strasse 134 (Spinnerei Ettlingen) gefunden. Da dies überproportional viel im Verhältnis zur Gesamtmenge ist und erste Auswertungen bereits eine höhere Dynamik der Gebäude aus der Klasse der Nichtwohngebäude andeuteten, wurde diese Akte komplett erfasst. Dadurch bot sich die Gelegenheit, einen Sonderbestand mit der Gesamtheit der Gebäude der Stadt Ettlingen zu vergleichen und so die Homogenität bzw. Heterogenität von Beständen und den Einfluss ihrer Zugehörigkeit zu untersuchen. Das Ergebnis ist eine unterschiedliche Dynamik zwischen einem Sonderbestand und einem „mittleren“ Bestand einer Stadt wie Ettlingen und ein vertiefter Einblick in die spezielle Dynamik eines Sonderbestandes (s. [Br04a]). Das bot im weiteren die Möglichkeit eine inhaltliche Verbindung zu einem anderen Forschungsprojekt [IuR] zu knüpfen

Die detaillierte Erfassung der Daten die zur Modellierung der inneren Dynamik (Um- Anbau, Erneuerung) während der Lebensdauer notwendig waren, erwies sich ebenfalls als sehr aufwendig. Die in der Stichprobe erhobenen Daten waren vom Umfang zu gering, als dass sie hierfür statistisch signifikante Aussagen zugelassen hätten. Grundsätzlich sind die versicherungsrelevanten Veränderungsdaten erfasst und auswertbar. Mit diesen Angaben lassen sich aber nur die großen Änderungen (Umbau, Anbau, Renovierung, Modernisierung, etc.) erfassen und modellieren. Für die Modellierung der kleineren Maßnahmen und Änderungen auf Bauteilebene wird derzeit eine weitere Diplomarbeit durchgeführt [B-G].

- Darstellung der erreichten Ergebnisse und Diskussion im Hinblick auf den relevanten Forschungsstand, mögliche Anwendungsperspektiven und denkbare Folgeuntersuchungen

Die erste Projektphase umfasste die Recherche nach geeigneten Datenquellen für die strukturierte Erfassung und anschließende statische Modellierung eines Gebäudebestandes. So wurden zunächst die potentiellen Quellen (s. Tabelle 5) beschrieben, erfasst, analysiert und bewertet. Zu den ausgewählten Gebäuden wurden Eigenschaften wie die Nutzung, die Größe, etc. und weitere Detaildaten erfasst und anschließend statistisch ausgewertet. Schwerpunkte bei der Analyse waren in der Klasse der Wohngebäude die Untersuchung der Einfamilienhäuser (EFH), die in der Stadt Ettlingen die größte Anzahl in dieser Klasse stellen und die vergleichende Untersuchungen zwischen Einfamilienhäusern, Mehrfamilienhäusern und Hochhäusern. In der Klasse der Nichtwohngebäude lag der Fokus auf den nichtlandwirtschaftlichen Betriebsgebäuden (NLB). Eine detailliertere Darstellung findet sich in [BBKS01], [BFS01] und [S02].

Der Folgeantrag sah für die zweite Projektphase (drittes Projektjahr) zwei Arbeitspakete vor. Das erste Paket beinhaltet die Erfassung und Analyse der Daten zur stochastischen Modellierung von Abriss, Neu- und Umbau. Ziele des ersten Unterpunktes waren:

- Die Modellierung von Abrissen mit dem Ziel einer mittelfristigen Prognose zu Abrissrate, Abrissvolumen und Bauschutzzusammensetzung zu bekommen.
- Der Zusammenhang zwischen Alter und Abrisswahrscheinlichkeit (resp. Überlebenswahrscheinlichkeit).

Methodischer Schwerpunkt der zweiten Projektphase war die Untersuchung der Dynamik des Gebäudebestandes. Da die Lebensdauer der Gebäude (äußere Dynamik) weitergehende Betrachtungen und Überlegungen zulässt, lag das Hauptaugenmerk der angestellten Betrachtungen auf der Erfassung und Auswertung der Bau- und Abbruchdaten, um damit die Gebäudelebensdauer und Überlebenswahrscheinlichkeiten zu schätzen. Die

Überlebenswahrscheinlichkeit der Gebäude in den verschiedenen Alters- und Bauwerksklassen wurden mithilfe des sog. Kaplan-Meier-Schätzers geschätzt. So können unter Verwendung sogenannter parametrischer Verteilungsfunktionen in Zukunft Prognosen erstellt werden.

Durch die Nacherhebung aller im Rahmen des Projektes „erreichbaren“² Abbruch- und Baujahre, war es möglich, sehr detaillierte Ergebnisse zu den Lebensdauern von Gebäuden zu erhalten. Wesentliche Ergebnisse sind die gebäudeklassenabhängigen Überlebenswahrscheinlichkeiten und die daraus folgende Bestimmung der ebenso gebäudeklassenabhängigen Lebensdauern. Dabei wurde zunächst nur in Wohn- und Nichtwohngebäude und nach Altersklassen unterteilt.

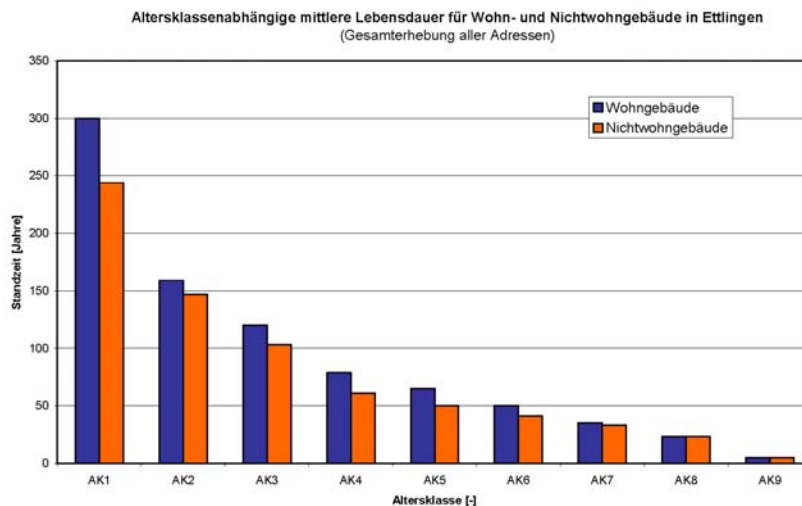


Abbildung 5: Altersklassenabhängige Lebensdauer von Wohn- und Nichtwohngebäuden. Die Daten basieren auf der adressenweisen Erfassung aller abgebrochenen Gebäude (Altersklassendefinition s. Tabelle 4, Seite 22).

Abbildung 5 zeigt eine tendenzielle Abnahme der altersklassenabhängigen mittleren Lebensdauer von Gebäuden. Zu beachten ist dabei, dass in den jüngeren Altersklassen die Gebäude noch gar nicht so alt sein können (Rechtszensur). Neben der Frage nach der Lebensdauerabnahme bei jüngeren Altersklassen, zeigt sich eine unterschiedliche Dynamik der Bauwerksklassen. Die Wohngebäude weisen in den AK 1 – 7 immer eine höhere mittlere Lebensdauer als die Nichtwohngebäude auf. Als erste Vermutung ergibt sich somit, dass Wohngebäude eine höhere mittlere Lebensdauer haben als gleichaltrige Nichtwohngebäude. Generell zeigt sich, dass die aus finanztechnischen Gründen angenommene und in vielen Publikationen verwendete Lebensdauer (Abschreibungsdauer) von max. 80 Jahren mit den vorliegenden Ergebnissen nicht übereinstimmt. Eher wird die Annahme bestätigt, dass Gebäude mit einer entsprechenden Wartung, Instandhaltung und Erneuerung leicht das zwei- bis dreifache der in der Literatur angenommenen Lebensdauer erreichen können. Diese Vermutung wird durch die detaillierte Analyse der Daten bekräftigt. Die Ergebnisse dieser Analysen sind in Abbildung 6 dargestellt. Die Diagramme enthalten den Verlauf der Überlebenswahrscheinlichkeiten der Altersklassen 1-6 für die Klasse der Wohn- und Nichtwohngebäude in Ettlingen. In beiden Diagrammen ist ein bauwerksklassenabhängiger Verlauf zu beobachten. So scheint der Verlauf der AK1 bei den Wohngebäuden als konvex, bei den Nichtwohngebäuden hingegen konkav gekrümmt zu sein.

² Erreichbar heißt hier, dass es u.U. einige - wenige – sog. tote Akten gibt von denen trotz Rückfragen bei den zuständigen Stellen keine Informationen zu bekommen waren (s.a. [Br04a]).

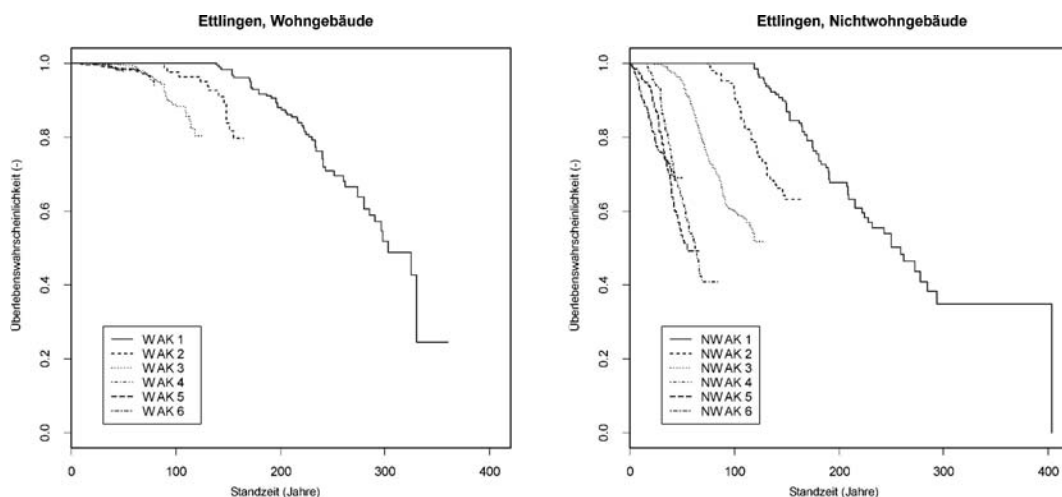


Abbildung 6: Links ist die Überlebenswahrscheinlichkeit für die Klasse der Wohngebäude (W) und rechts der Nichtwohngebäude (NW) in Ettlingen für die Altersklassen 1-6 (AK) dargestellt.

Aus der näheren Betrachtung des anfänglichen Kurvenverlaufs der Überlebenswahrscheinlichkeiten von Wohngebäuden, dargestellt in Abbildung 7, ergibt sich als zweite Vermutung, dass die Anfangsstücke der ersten ca. 100 Jahre der Überlebenswahrscheinlichkeiten von Wohngebäuden aller Altersklassen übereinstimmen.

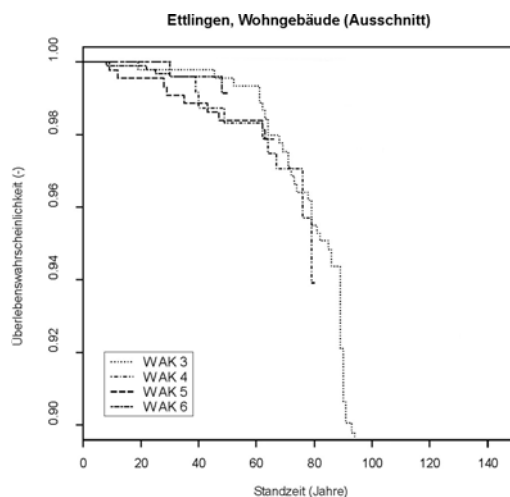


Abbildung 7: Ausschnittvergrößerung der Überlebenswahrscheinlichkeit von Wohngebäuden in Abhängigkeit von der Lebensdauer.

Eine weitere Anzahl von Ergebnissen zu der Auswertung der Daten der Stichprobe und der Gesamterhebung der Kernstadt Ettlingen und dem Gebäudebestand der auf dem Gelände der Spinnerei Ettlingen in der Pforzheimer Strasse 134 steht, finden sich in [Br04a].

Ziel des zweiten Unterpunktes waren Untersuchungen zur Modellierung von Neubaudaten mit dem Ziel einer mittelfristigen Prognose zu Neubaurate, Neubauvolumen und den verbundenen Energie- und Stoffströmen.

Die Ergebnisse für die Neubaudaten werden im Folgenden gemeinsam mit weiteren Auswertungen zu den Abbruchdaten vorgestellt und bilden die äußere Dynamik eines Bestandes ab. Diese Dynamik des Gebäudebestandes in Ettlingen wird anhand der Abbildung 8 bis Abbildung 10 erläutert.

Aus den Daten der Stichprobe wurde die Anzahl der Neubauten für jedes Jahr geschätzt. Die Abbildung 8 zeigt die Entwicklung des Gesamtbestandes, differenziert nach Wohn- und

Nichtwohngebäuden. Deutlich zu erkennen ist die unterschiedliche Entwicklung dieser beiden Teilbestände ab dem Jahr 1949. Bis 1949 weisen beide Teilbestände in etwa die gleiche Steigung auf. Nach 1949 steigt die Anzahl der vorhandenen Wohngebäude deutlich schneller an, als die Anzahl der Nichtwohngebäude. So entwickelt sich das Verhältnis von Wohn- zu Nichtwohngebäude von anfänglich 51% zu 49% im Jahr 1936 zu 59% zu 41% im Jahr.

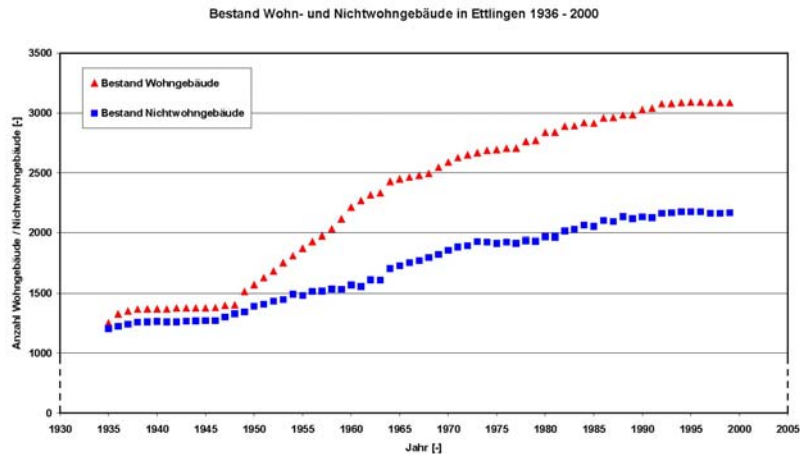


Abbildung 8: Entwicklung des Gebäudebestandes in Ettlingen von 1936 - 2000.

Unter Einbeziehung der aus der adressenscharfen Gesamterhebung gefundene Abbrüche und der geschätzten Neubauten lassen sich die Raten für Abbrüche und Neubauten berechnen. Die Ursachen für die oben beschriebene Entwicklung ergibt sich aus der gemeinsamen Betrachtung der Neubau- und Abbruchraten. Während die Neubaurate für Wohngebäude und Nichtwohngebäude für den Grossteil der betrachteten Jahre annähernd gleich ist (Abbildung 9), ihre Mittelwerte liegen bei 1,5% für Wohngebäude und bei 1,7% für Nichtwohngebäude, zeigen sich bei der Abbruchrate deutliche Unterschiede (Abbildung 10). Die Abbruchrate für Wohngebäude bleibt über dem gesamten betrachteten Zeitraum nahezu konstant (Mittelwert: 0,1 %, Maximalwert: 0,4%). Die Abbruchrate für Nichtwohngebäude hingegen weist deutlich höhere Werte (Mittelwert: 0,8%, Maximalwert: 1,9%) und höhere Schwankungen auf.

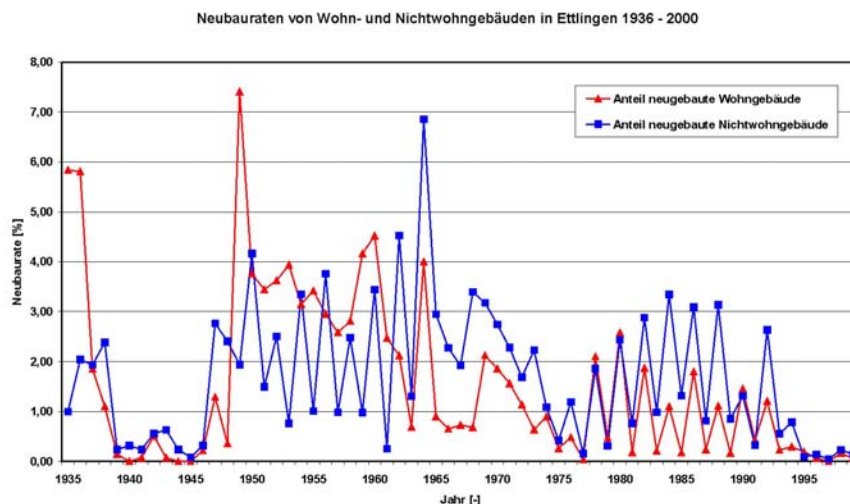


Abbildung 9: Neubauraten von Wohn- und Nichtwohngebäuden in Ettlingen von 1936 - 2000.

Dies bestätigt die auf der Ebene der Überlebenswahrscheinlichkeiten gefundene höhere Dynamik bei den Nichtwohngebäuden.

Die Erstellung von Prognosen wurde im Rahmen des Projekts noch nicht durchgeführt, ist aber mit denen im Projekt vorgestellten Arbeiten möglich. Ebenso können auf der Basis der

hier diskutierten Daten unter der Verwendung von externen Materialdaten Energie- und Stoffströme für die Vergangenheit berechnet und mit den realen Daten aus der Stadt Ettlingen validiert werden.

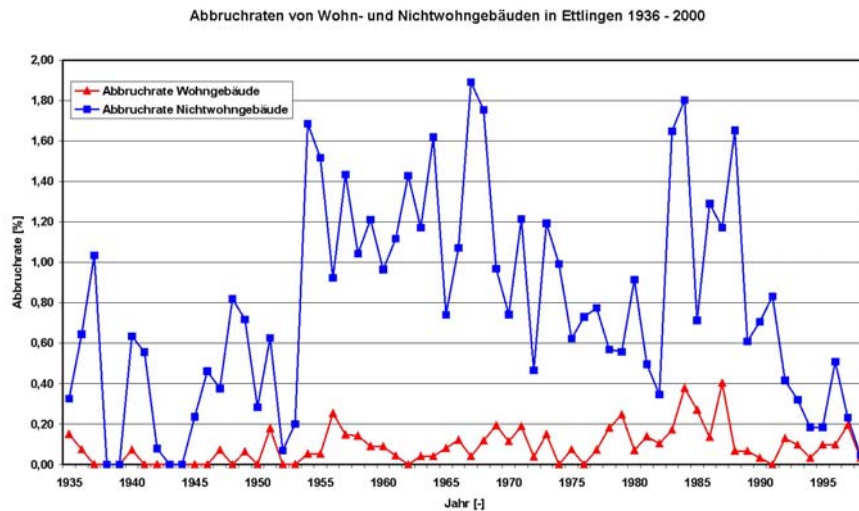


Abbildung 10: Abbruchraten von Wohn- und Nichtwohngebäuden in Ettlingen von 1936 - 2000.

Der dritte Unterpunkt, die Untersuchungen zum Umbau konnte im Rahmen der zweiten Projektphase auf Grund fehlender Daten nicht in der vorgesehenen Weise weiter untersucht werden. Auch hier ergab die Abwägung zwischen sehr aufwendiger Datensuche und Vertiefung der methodischen Grundlagen für zukünftige Untersuchungen eine Betonung der grundlegenden Arbeiten.

Neben den im Folgeantrag vorgeschlagenen Untersuchungen, wurden während der dritten Projektphase auftretende Fragestellungen und Lösungsansätze im Rahmen von Diplomarbeiten bearbeitet, deren Ergebnisse im Folgenden kurz vorgestellt werden .

Die erste Arbeit [V03] hatte die Untersuchung stadtstruktureller Kennwerte und deren Analyse und Visualisierung zum Thema. Neben der reinen Datenanalyse mithilfe einer Datenbank wurden weitere Analysen und Darstellungen unter Verwendung von GIS durchgeführt. Sie war damit gleichzeitig Grundlage für die im Anschluss durchgeführte Arbeit zur Übertragbarkeit der Ergebnisse aus Ettlingen auf andere Gebäudebestände unter Anwendung der Clusteranalyse [Be04].

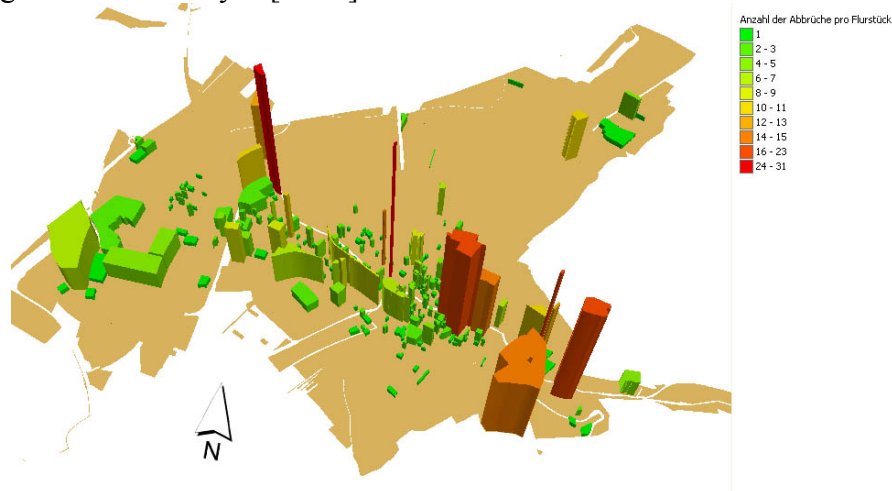


Abbildung 11: Anzahl der Abbrüche pro Flurstück in der Stadt Ettlingen.

Vorbereitend wurden stadtstrukturelle Kennwerte untersucht, dazu gehört z.B. der Freiflächenanteil, der aus dem Verhältnis von bebauter Fläche zu gesamter Fläche gebildet wird und flurstückspezifisch dargestellt werden kann. Diese Form der Darstellung weist einen hohen Detaillierungsgrad auf, der sich für eine übergeordnete Aussage nur bedingt eignet. Deswegen wurde das Verfahren der sogenannten Nachbarschaftsanalyse, die einen geräumigeren Eindruck der untersuchten Gebiete vermittelt, u.a. für diesen Kennwert durchgeführt. Durch Überlagerungen mit weiteren Nachbarschaftsanalysen können geometrische Korrelationen im Allgemeinen und geräumige Korrelationen im Besonderen untersucht werden.

Eine weitere Untersuchung betraf die Lokalisierung und qualitative Darstellung der Abbrüche. Abbildung 11 zeigt die Anzahl der Abbrüche pro Flurstück. Deutlich zu erkennen ist die Häufung (maximal 31 Abbrüche) an bestimmten Orten (Adressen) innerhalb der Stadt. Weite Flächen an den Rändern weisen gar keine Abbrüche auf.

Eine zeitlichräumliche Darstellung findet sich in Abbildung 12. Man kann hier im Wesentlichen die räumliche Entwicklung der Stadt ablesen und diese „durch die Zeit“ verfolgen. Dabei stellt Abbildung 12 eine erste Version dieser Idee dar. Angedacht ist für Folgeuntersuchungen die Simulation von beliebigen Zeitschnitten mit Hilfe stochastischer Modelle.

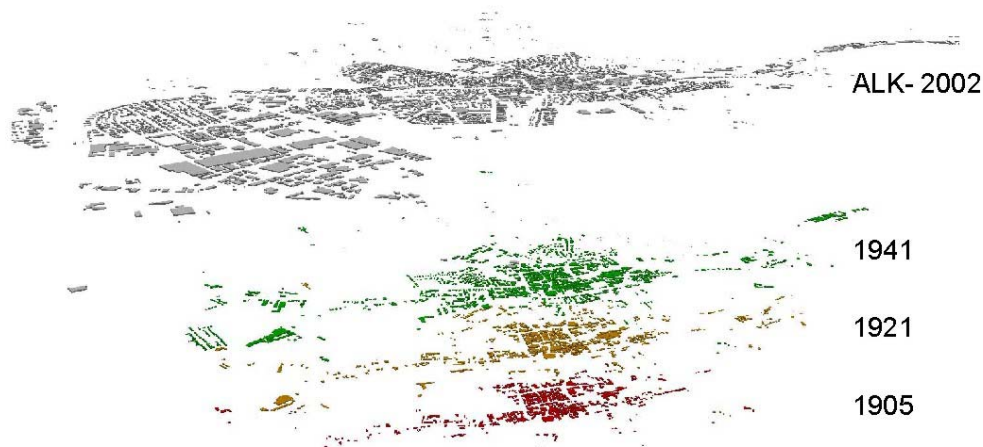


Abbildung 12: Dargestellt ist hier die zeitlichräumliche Entwicklung der Stadt Ettlingen von 1905 bis 2002.

Nach ersten Vorarbeiten in der vorhergehenden Arbeit zu stadtstrukturellen Kennwerten, wurden im Anschluss mit Hilfe der Clusteranalyse Untersuchungen [Be04] hinsichtlich der Strukturierung und Korrelationen auf Gemeindeebene durchgeführt. Das Ziel dieser Untersuchung war die Antwort auf die Frage der Übertragbarkeit der in Ettlingen gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse auf andere Städte. Für die Durchführung der Clusteranalyse wurde eine Vielzahl von Daten auf Gemeindeebene aus unterschiedlichsten Quellen zusätzlich erhoben. Diese große Menge zunächst ungeordneter Gemeinden wird durch die Clusteranalyse aufgrund von Ähnlichkeit und sachlicher Verwandtschaft bestandsorientiert in kleinere, möglichst homogene und praktisch nützliche Klassen oder Gruppen vereinigt. Auf diese Weise werden die Struktur der betrachteten Untersuchungsmenge in vereinfachter Form und übersichtlicher Art dargestellt sowie bestehende Zusammenhänge zwischen den Gruppen aufgezeigt. Beispielhaft soll hier nur ein Ergebnis aus der umfangreichen Arbeit kurz erläutert werden.

Abbildung 13 zeigt eine grafische Übersicht zu den berechneten Clustern. Als Ergebnis der Clusteranalyse wurden die 1111 Gemeinden in Baden-Württemberg 6 Clustern zugeordnet. Die Ettligen-Klasse ist in Abbildung 13 gelb dargestellt und hat eine Größe von 257 zugehörigen Gemeinden. Rechts in Abbildung 13 findet man in der Karte von Baden-Württemberg die geografische Lokalisierung der Cluster. Die Betrachtung zeigt auch eine räumliche Häufung (Clusterung) der Gemeindecluster. So finden sich Gemeinden der Ettligen-Klasse (Cluster 3) großräumlich überwiegend im Raum Mannheim-Stuttgart-Karlsruhe wieder.

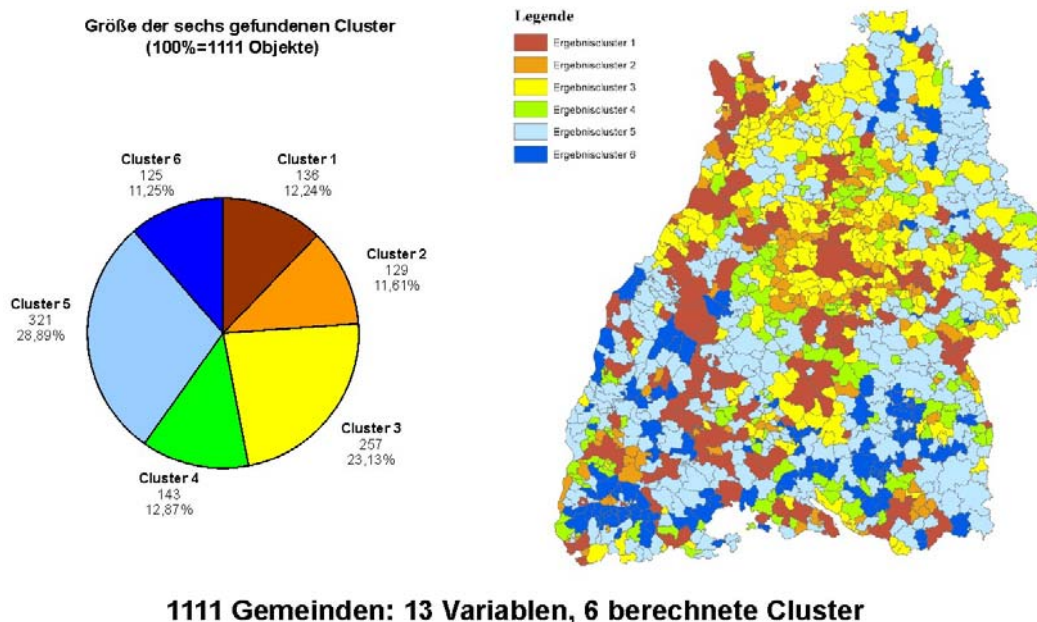


Abbildung 13: Grafische Übersicht zu den Ergebnissen der Clusteranalyse mit sechs Clustern aus der Grundgesamtheit der 1111 Gemeinden. Rechts ist die geografische Lokalisierung der Cluster dargestellt.

Das zweite Arbeitspaket enthielt zwei Unterpunkte. Ein physikalisches und ein stochastisches Modell für Erneuerungsprozesse sollten parallel entwickelt werden.

Die Daten zu den Baustoffen wurden in einer ersten Durchsicht als zu ungenau erachtet, als dass sie kurzfristig als Basis für das physikalische Modell dienen können. Erste Untersuchungen für diesen Ansatz weisen für das Beispiel Fenster generell hohe Spreizungen auf (s. Abbildung 14). Auch für andere Bauteile kann diese hohe Unsicherheit beobachtet werden.

Die für den Arbeitspunkt 2 des zweiten Arbeitspaketes vorgesehene Umfrage konnte aus Zeitgründen und Datengründen nicht durchgeführt werden. Es erwies sich als unmöglich innert der Projektlaufzeit zuverlässige Unterlagen von Verwaltern von Gebäudebeständen zu erhalten. Die projektierte Erfassung der Details für die Erneuerungszyklen war somit nicht möglich. Um trotzdem erste Eindrücke über den Einfluss von verschiedenen Bewirtschaftungsstrategien zu bekommen, wurde aus Zeit- und Rationalitätsgründen diese beiden teils empirischen Ansätzen durch einen rein theoretischen Ansatz ersetzt. Aus dem Ansatz in [Enq99] wurden dazu weitergehende Überlegungen angestellt. Das Prinzip ist die zyklische Wiederkehr von Teil- und Gesamterneuerungen (TE, GE). Der Unterschied besteht im Umfang (was und wie viel erneuert wird) und dem Intervall von 25 Jahren für die TE und 50 Jahren für die GE.

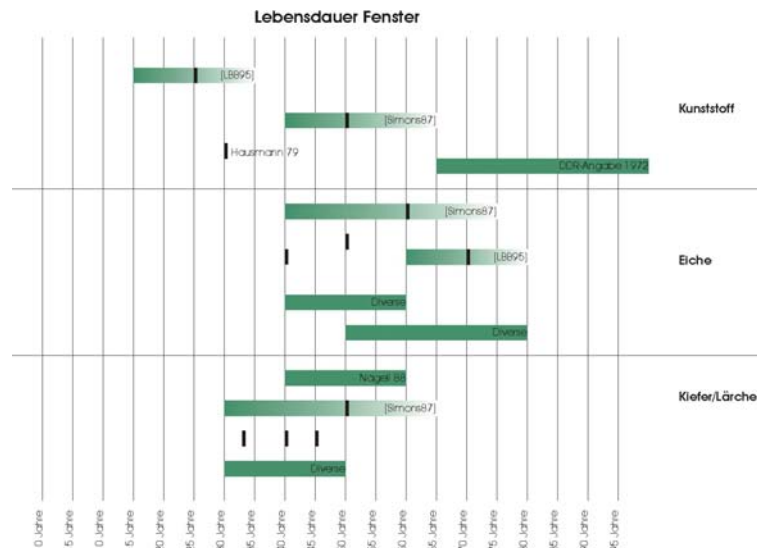


Abbildung 14: Lebensdauern für Fenster, verschiedene Materialien. Unterschiedliche Autoren kommen zu sehr unterschiedlichen Lebensdauern [B-G].

Basierend auf diesem Ansatz wurde für die Modellierung der Erneuerungsprozesse ein erstes einfaches Programm entwickelt [PHM03]. Da nicht alle Besitzer ihre Gebäude gleichzeitig erneuern wird dieser Prozess mit Hilfe einer Gaußschen Normalverteilung (Halbwertsbreite = 5 Jahre) gestreut. Nach dem Modell der Markov-Kette bildet der Endpunkt des abgelaufenen Zyklus den Startpunkt des Folgenden. Bei der Überlagerung der Modelldaten mit den realen Daten aus Ettlingen sind fünf Erneuerungsspitzen zu beobachten (Abbildung 15). Zwei Spitzen resultieren durch die Teilerneuerung, eine durch die Gesamterneuerung und zwei durch das Zusammenfallen von TE und GE. Eine Validierung dieses Modells steht noch aus.

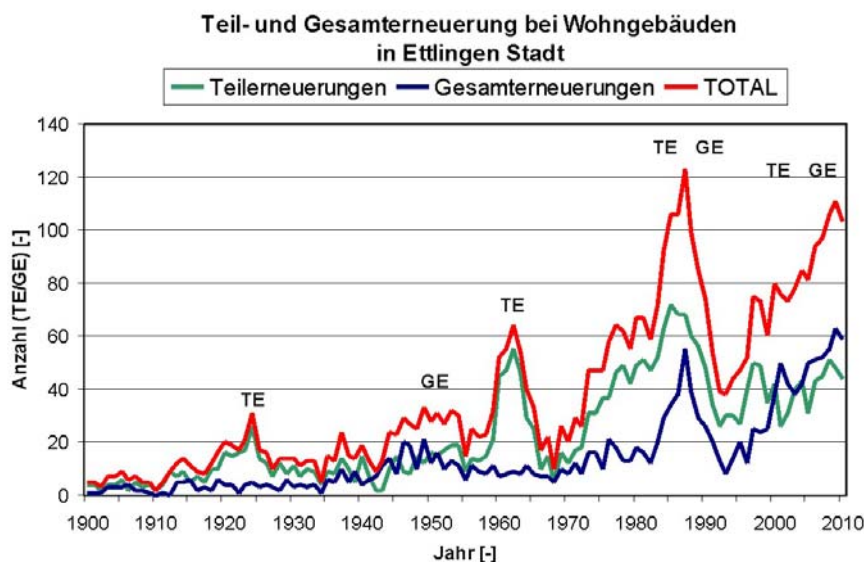


Abbildung 15: Projektion des Modells der TE und GE auf die realen Gebäudedaten (Baujahre) aus Ettlingen.

Denkbare Folgeuntersuchungen

Wie im Text an verschiedenen Stellen bereits erwähnt wurde, sind eine Vielzahl von Folgeuntersuchungen zu diesem Projekt denkbar und wünschenswert.

Dies ergibt sich aus der großen Anzahl der erhobenen Daten in direktem Projektzusammenhang und einer projektübergreifenden ausgeweiteten Datenrecherche zur Dynamik des deutschen Gebäudebestandes.

Ein zukünftiger Schwerpunkt für ein Folgeprojekt sollte die detailliertere Untersuchung der Klasse der Nichtwohngebäude (z.B. die alters- und bauwerksklassenspezifische Materialzusammensetzung) sein, da diese, wie oben gezeigt, eine höhere Dynamik aufweisen und damit für höhere Energie- und Stoffströme verantwortlich sind und es nur einen geringeren Kenntnisstand über diesen Teilbestand gibt. Mit detaillierteren Daten zur stofflichen Zusammensetzung und den ermittelten Gebäudelebensdauern bzw. den Überlebenswahrscheinlichkeiten können dann genauere Berechnungen für die Energie- und Stoffströme für Neubauten und Abbrüche durchgeführt werden.

Ein weiterer – hier vorgestellter erfolgversprechender Ansatz zur Ausweitung der Kenntnisse über Ettligen auf den deutschen Gesamtbestand ist die Clusteranalyse. Denkbar ist hier die Bearbeitung weiterer Bundesländer der Bundesrepublik Deutschland, also eine Ausweitung in der Fläche oder eine Validierung dieses Verfahrens durch weitere Stichproben in ausgewählten Gemeinden in Baden-Württemberg, was einem Vertiefen des Ansatzes entspricht.

In einem weiteren Projekt könnten zu großen Teilen die im Text erläuterten Ansätze und Fragestellungen mit den in der Datenbank vorhandenen Daten bearbeitet werden. Im Verlauf eines Folgeprojektes könnte die Methode der Datenerfassung verfeinert und weiter optimiert werden.

- Stellungnahme, ob Ergebnisse der Vorhaben wirtschaftlich verwertbar sind und ob eine solche Verwertung erfolgt oder zu erwarten ist. Ggf. Angaben zu Patenten, Industriekooperationen o.ä.

Eine potentielle Verwertung ist in der Anwendung der im Rahmen des Projektes erstellten EcoGlob-Datenbank zu sehen. Diese wurde mit einer weitgehend offen gehaltene Datenstruktur zu einem umfangreichen und flexiblen Werkzeug aufgebaut und programmiert. Sie dient in Zukunft auch als Basis, um verwandte Fragestellungen in anderen Projekten Projekte ([iC], [QD], [SUIT]) am Institut für Industrielle Bauproduktion zu bearbeiten. Neben den wissenschaftlichen Aufgaben, der Datenerfassung, -analyse und Darstellung, wurden weitere Fähigkeiten in die EcoGlob-Datenbank implementiert. Diese Fähigkeiten könnten u.a. für städtische und übergeordnete Verwaltungen von Interesse sein, da alle in der Stadt verfügbaren Daten über Gebäude und ihrer Umgebung gebündelt vorliegen und ausgetauscht, ergänzt und ausgewertet werden können.

- Wer hat zu den Ergebnissen des Projekts beigetragen (Kooperationspartner im In- und Ausland, Projektmitarbeiter/innen usw.)

Name	Status	Institution	Tätigkeit	Zeitraum
Guido Bader	Mitarbeiter	IMS	Koordinierung der Datenerhebung, Stichprobentheorie	1999-2001
Martin Behnisch	Hiwi, Diplomand	ifib	Datenerfassung, Datenbanken, Dateneingabe, Clusteranalyse	2002-2003
Patrick Erik Bradley	Mitarbeiter	IMS	Koordinierung der Datenerhebung, Überlebensanalyse	2002-2003
Ebba Buergel-Goodwin	Hiwi, Diplomandin	ifib	Bestandsgebäude auf Bauteilebene	2003
Shu-Mei Chen	Hiwi	IMS	Datenerfassung, -eingabe	2003
Claudio Ferrara	Mitarbeiter	ifib	Recherche, Projektkoordinierung	2002-2003
Katharina Golubkow	Hiwi	ifib	Pforzheimer Straße 134, Datenerfassung	2003
Simon Hanisch	Hiwi	IMS	Datenaufbereitung, Visualisierung	2002-2003
Ashraf Hosni	Masterstudent	IHS/Uni Wageningen	Infrastrukturanalyse	2003
Krishna Mohan Kakumanu	Hiwi	ifib	GIS, Lokalisierung	2003
Nathalie Klein	Hiwi	ifib	Pforzheimer Straße 134, CAD-Zeichnung, Datenerfassung	2003
Kamen Kupenov	Hiwi	ifib	Datenerfassung, -eingabe	2003
Irina Pessik	Hiwi	IMS	Datenaufbereitung, Visualisierung	2002-2003
Katja Pfeiffer	Hiwi	ifib	Datenerfassung, -eingabe	2000-2001
Kevin Reddig	Hiwi	ifib	Datenerfassung, Datenbanken, Dateneingabe	2000-2001
David Robles Iglesias	Hiwi	ifib	Bilddokumentation	2003
Claudia Salazar	Gastwissenschaftlerin	CSTB/INSA	forecasting of construction and demolition waste	2003
Bärbel Schwaiger	Mitarbeiterin	ifib	Recherche, Datenerhebung	1999-2001
Assen Tasheff	Hiwi	ifib	Datenerfassung, -eingabe	2003
Pablo Viejo García	Hiwi, Diplomand, geprüfter Hiwi	ifib	GIS	2003
Daniel Wieser	Hiwi	ifib	Datenerfassung, -eingabe	2003
Jie Yang	Hiwi	ifib	Datenerfassung	2002

Tabelle 1: Interne und externe Projektmitarbeiter.

Name	Institution
Herr Lenhardt, Herr Schmidt, Herr Maysack	Bauordnungsamt Ettlingen
Herr Janich	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
Frau Schleiter	Bundesamt für Kartografie
Frau Fritzen	DataEngine, MIT GmbH Aachen,
Herr Lumpp	Grundbuchamt Ettlingen
Herr Krause, Herr Welk	Haus der Geschichte Baden-Württemberg, Stuttgart
Herr Kraut	Liegenschaftsamt Ettlingen
Herr Bode	Stadt Ettlingen
Frau Le Maire	Stadtarchiv Ettlingen
Herr Zapf	Stadtbauamt/Hochbau Ettlingen
Herr Kreis, Herr Köhler	Stadtbauamt/Tiefbau Ettlingen
Herr Müller, Herr Endemann, Herr Schmieder	Stadtplanungsamt Ettlingen
Herr Sinnwell, Frau Dürr	Stadtwerke Ettlingen
Frau Hackl, Herr Eichfuß, Herr Ritter, Herr Tronsberg	Statistisches Landesamt Stuttgart
Herr Dr. Dieterle, Herr Kürz	SV Gebäudeversicherung Baden-Württemberg

Tabelle 2: Unterstützende Verantwortliche und Institutionen.

Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Lützkendorf	Stiftungslehrstuhl Ökonomie und Ökologie des Wohnungsbaus	Universität Karlsruhe (TH)	www.housing.wiwi.uni-karlsruhe.de/	thomas.luetzkendorf@wiwi.uni-karlsruhe.de	D
Univ.- Prof. Dr.-Ing. Uta Hassler	Lehrstuhl Denkmalpflege und Bauforschung	Universität Dortmund	www.bauwesen.uni-dortmund.de/lehrt/b1/db	hassler@bauwesen.uni-dortmund.de	D
Dr Ivan Johnstone,	Faculty of Architecture	University of Auckland	www.property.auckland.ac.nz	johnstone@auckland.ac.nz	NZ

Tabelle 3 Weitere Unterstützung in Form von Diskussionen.

- Qualifikation des wissenschaftlichen Nachwuchses im Zusammenhang mit dem Projekt (z.B. Diplome, Promotionen, Habilitationen usw.)

Diplomarbeiten

- [Be04] Behnisch, Martin; Klassifizierung von Gemeinden nach bestandsorientierten Merkmalen, Universität Karlsruhe, 2004
- [B-G] Buergel-Goodwin, Ebba Vergleichende Studie zu Erneuerung, Unterhalt und Betrieb für Bestandsgebäude auf Bauteilebene – Basisdaten für Kosten und LCA, Universität Karlsruhe, in Bearbeitung
- [V03] Viejo García, Pablo; Gebäudebestand in Ettlingen – Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft, Universität Karlsruhe, 2003

Promotionen

- [S02] Schwaiger, Bärbel; Strukturelle und dynamische Modellierung von Gebäudebeständen, Dissertation, Universität Karlsruhe, Karlsruhe, 2002

Publikationen

- [BBKS01] Bader, Guido; Bischoff, Wolfgang; Kohler, Niklaus; Schwaiger, Bärbel; Validierung eines integrierten dynamischen Modells des Deutschen Gebäudebestandes, Zwischenbericht zum DFG-Projekt KO 1488/4-1, Universität Karlsruhe, 2001
- [BBKS02] Bader, Guido; Bischoff, Wolfgang; Kohler, Niklaus; Schwaiger, Bärbel; Statistische Methoden zur Analyse von Gebäudebeständen, Stadtforschung und Statistik, 1/02, S.44-47, 2002
- [BFS01] Bader, Guido; Ferrara, Claudio; Schwaiger, Bärbel; Methoden zur Analyse von Gebäudebeständen, Alterungsmodelle und Prognose von Stoffströmen mit Anwendung auf den Gebäudebestand der Stadt Ettlingen, Arbeitsbericht, ifib, Universität Karlsruhe, 2001
- [BFK04] Behnisch, Martin; Ferrara, Claudio; Kohler, Niklaus; Klassifizierung deutscher Gemeinden nach bestandsorientierten Merkmalen, Technischer Bericht, Nr. 2004-03, ifib, Universität Karlsruhe, 2004, eingereicht bei Stadtforschung und Statistik
- [BBFK04] Bischoff, Wolfgang; Bradley, Patrick Erik; Ferrara, Claudio; Kohler, Niklaus; Überlebensanalyse von Gebäudebeständen am Beispiel der Stadt Ettlingen, Technischer Bericht Nr. 2004-02, ifib, Universität Karlsruhe, 2004, eingereicht bei Stadtforschung und Statistik
- [Br04b] Bradley, Patrick Erik; Einführung in die Überlebensanalyse von Gebäudebeständen, Technischer Bericht Nr. 2004-06, ifib, Universität Karlsruhe, 2004, eingereichter Buchbeitrag in [HK04]
- [Br04a] Bradley, Patrick Erik; Validierung eines integrierten, dynamischen Modells des deutschen Gebäudebestandes: Statistischer Teil, Technischer Bericht Nr. 2004-01, ifib, Universität Karlsruhe, 2004
- [F04] Ferrara, Claudio; Validierung eines integrierten, dynamischen Modells des Deutschen Gebäudebestandes: Allgemeiner Teil, Technischer Bericht Nr. 2004-04, ifib, Universität Karlsruhe, 2004
- [BEVAL] Webseite des Forschungsprojektes „Bestandsmodellierungvalidierung“, http://www.ifib.uni-karlsruhe.de/de/beval_de.html

3. Zusammenfassung

- Allgemeinverständliche Darstellung der wichtigsten wissenschaftlichen Fortschritte und ggf. ihrer Anwendungsaspekte

Zu den wichtigsten wissenschaftlichen Ergebnissen dieses Projektes gehören die – nach Wissen der Autoren – in dieser Form zum ersten Mal berechneten alters- und bauwerksklassenspezifischen Überlebenswahrscheinlichkeiten und mittleren Lebensdauern von Gebäuden in Ettlingen. Alle den Autoren bekannten Publikationen beinhalten lediglich angenommene Zeitpunkte, jedoch nie Verläufe der Überlebenswahrscheinlichkeiten, so wie sie in diesem Text vorgestellt worden sind.

Zu der realistischeren Betrachtung der Überlebenswahrscheinlichkeiten und damit auch der Berechnung der mittleren Lebensdauern von Gebäuden konnte ein grundsätzlich unterschiedliches Verhalten zwischen Wohn- und Nichtwohngebäude aufgezeigt werden.

Die Überlebenskurven für den Gebäudebestand in Ettlingen zeigen eine tendenziell kürzere Lebensdauer für die Klasse der Nichtwohnungsgebäude und damit eine höhere Dynamik dieser Klasse gegenüber den Wohngebäuden. Auch der Kurvenverlauf weist einen deutlichen Unterschied zwischen den beiden Klassen auf. So ist der Verlauf der Überlebenswahrscheinlichkeit für die Wohngebäude vermutlich konvex gekrümmt, während er für die Nichtwohngebäude eher einem konkaven Verlauf folgt.

Als Ursache für die höhere Dynamik der Nichtwohngebäude konnte die höhere Abbruchrate identifiziert werden.

Eine erste Diplomarbeit hat die Möglichkeiten und Analyseverfahren für die erfassten Daten dargestellt. Ein weiteres wichtiges Ergebnis dieser Arbeit ist die zeit-räumliche Darstellung der Daten und damit die Möglichkeit komplexe Überlagerungen und Zeitabläufe visuell darzustellen.

Im Rahmen einer zweiten Diplomarbeit konnte gezeigt werden, dass die Methode der Clusteranalyse eine geeignete Möglichkeit sein kann, die Ergebnisse die für Ettlingen gefunden wurden, auf weitere Gemeinden zu übertragen. Denkbar ist in diesem Rahmen eine Expansion des Verfahrens auf die BRD. Dem vorweg gehend kann eine Validierung des Verfahrens auf der Ebene des Landes Baden-Württemberg erfolgen.

Unter Verwendung eines theoretischen Ansatzes konnten erste Simulationen zu Erneuerungszyklen durchgeführt werden.

Die im Rahmen des Projekts angewandte Methode der Berechnung der Überlebensanalyse wurde auch in dem von der DBU geförderten Projekt Industriekultur und Ressourcenerhalt angewandt [IuR].

Die für die Erfassung und Auswertung der Daten programmierte Datenbank dient als Basis für weitere am Institut derzeit laufende Projekte [iC], [QD], [SUIT]. Sie wird für diese Projekte überarbeitet und in ihrer Funktionalität erweitert. Ihr Kern bleibt unverändert und erfüllt somit den am Anfang formulierten Anspruch eines offenen Gebäudemodells.

Eine ausführlichere Darstellung der durchgeführten Arbeiten und Ergebnisse findet sich in [F04].

- "Überraschungen" im Projektverlauf und bei den Ergebnissen

Zu den „Überraschungen“ des Projektverlaufes gehört zum Einen das langwierige Datensammeln und die durch den Vergleich von Datenquellen zu Tage getretenen Dateninkonsistenzen unterschiedlicher Quellen.

Das Datensammeln wurde zu Beginn des Projektes nicht als so aufwändig eingestuft. Prozentual besonders viel Zeit war in der zweiten Projektphase noch einmal nötig um einen Teil der anvisierten Ziele zu erreichen. Die für die Auswertung vorgesehene Projektzeit wurde dadurch in großem Maße reduziert. Um dennoch belastbare Ergebnisse zu erzielen, wurde die Bearbeitungsdauer gestreckt.

Verstärkt wurde dieser Effekt durch die während der zweiten Projektphase aufgefundenen Dateninkonsistenzen der verschiedenen Quellen. So mussten die einzelnen Daten auf ihren wahren Wert immer öfter diskutiert bzw. nachverfolgt werden.

Die Erstellung einer neuen Datenbank in der zweiten Projektphase bot die Möglichkeit, die zweite Erfassungsphase rationeller und fehlerfreier zu bewerkstelligen und damit sicher zu einem Teil den Zeitverlust kompensieren zu können.

Literatur

[BMWA03] Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA, Hrsg.), ENERGIE DATEN 2003, Nationale und internationale Entwicklung, Berlin, 2003

[Enq99] Enquete-Kommission (Hrsg.), Hassler, Uta; Kohler, Niklaus; Paschen, Herbert; Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen; Springer, Berlin, 1999, ISBN 3-540-66073-9

[HK04] Hassler, Uta; Niklaus, Kohler; Über das Verschwinden der Bauten des Industriezeitalters. Lebenszyklen industrieller Baubestände und Methoden transdisziplinärer Forschung, Wasmuth-Verlag, 2004

[StaBu78] Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Systematik der Bauwerke, Kohlhammer-Verlag, Wiesbaden, Ausgabe 1978,

[StaBu] Statistisches Bundesamt, <http://www.destatis.de/>

Projekte

[iC] intelCities, <http://www.intelcitiesproject.com/>, ifib, Universität Karlsruhe, 01.2004 – 07.2005

[IuR] Projekt der Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Industriekultur und Ressourcenerhalt, ifib in Kooperation mit Lehrstuhl für Denkmalpflege und Bauforschung, Uni Dortmund, 11.2000 – 03.2004

[QD] Quartiers durables, ein Verbundprojekt von EifER – ifib, finanziert durch EDF, Universität Karlsruhe, Karlsruhe, 01.2003 – 12.2005

[SUIT] Sustainable development of Urban fragments through an active Integration within Towns, http://www.ifib.uni-karlsruhe.de/de/suit_de.html, ifib, Karlsruhe, 01.2001-12.2003

Programme

[PHM03] Phasenmotor, Zwölfer, Michael; ifib, Universität Karlsruhe, Karlsruhe, 2003

ANHANG

Altersklassen

Basierend auf den Altersklassen des Statistischen Bundesamtes und der Studie der Enquete-Kommission des deutschen Bundestages [Enq99] wurden in Kooperation mit der Universität Dortmund aufgrund neuer Erkenntnisse und neu zu berücksichtigender gesetzlicher Vorschriften folgenden Klassen neu definiert:

Periode	AK	Besonderheiten
vor 1835	1	Vorindustrielle Bauweise mit handwerklich geprägten Konstruktionen; energieintensive Baustoffe selten verwendet
1835 - 1870	2	Etablierung des Bauens mit industrialisierten Elementen der Eisenerzeugung
1871 – 1918	3	Industrie, insbesondere Eisenindustrie, gewinnt beherrschende Stellung in der dt. Volkswirtschaft; Stahl vorherrschendes Material weitgespannter, Konstruktionen; Beginn des Eisenbetonbaus ab 1900; beginnende Normierung; rasche Verdichtung und Verstärkung. (Gründerzeit)
1919 - 1933	4	Nachkriegsjahre: Verwendung von Ersatzrohstoffen; „Goldene Zwanziger“ mit hohen Wachstumsraten, Investitionen u. Auslandsverschuldung; 1929-1932: Weltwirtschaftskrise mit rückläufiger Produktion u. hoher Arbeitslosigkeit
1934 - 1949	5	Mangelwirtschaft mit Ersatzrohstoffen, „Blut und Boden Politik“; wachsende Kriegsindustrie: Autobahnbau, Chem. Industrie, Fahrzeugbau u. Rüstung als gleichzeitige Arbeitsbeschaffungspolitik; 1945-1949: Zeit der Not und Unsicherheit; 1948 Housing Order Nr.8 der Besatzungsmacht zur Beseitigung des Wohnungsmangels
1950 – 1964	6	1950-1956: Nachkriegsjahre mit Materialmangel, Konstruktion und Bauweise ähnlich der Zwischenkriegsphase; bautechnische Veränderung durch Stahlbetondecken; 1951: DIN 18011; 1957: DIN 4108 (Wärmeschutz im Hochbau)
1965 –1976	7	Wiederaufbau mit Wirtschaftswunder und Vollbeschäftigung; DDR: Plattenbauweise (ab 1965); Fertigteilbauweise, neue Materialien aus der Chemieindustrie, vermehrt Ingenieur- und Verkehrsbauten; seit 1971 wieder mehr Umbau;
1977 - 1994	8	Als Reaktion auf die Ölkrise 1973 tritt I. WSchVO ³ in Kraft; II. WSchVO von 1982 tritt in Kraft; 1985: Starke Konjunkturschwankungen; 1989: Wiedervereinigung Deutschlands
1995 - heute	9	III. WSchVO tritt in Kraft; 01.01.2002: ENEV tritt in Kraft

Tabelle 4: Neu definierte Altersklassen mit Erläuterungen.

1	Daten aus den Statistischen Bundesamt und den Landesämtern
2	Liegenschaftskataster (LK), das aus dem Automatisches Liegenschaftsbuch (ALB) und dem Automatisches Liegenschaftskarte (ALK) besteht.
3	Bebauungspläne
4	Feuerversicherungsakten
5	Bauanträge
6	Akten des Bauordnungsamtes

Tabelle 5: Datenquellen für Daten zur Beschreibung von Gebäudebeständen.

³ Verschutzverordnung