

Validierung eines integrierten, dynamischen Modells des deutschen Gebäudebestandes

Technischer Bericht zum statistischen Teil des DFG-Projekts Ko 1488/4-2

Patrick Erik Bradley

16. Februar 2004

Zusammenfassung

Es handelt sich hierbei um einen technischen Bericht zum statistischen Teil des DFG-Projekts Ko 1488/4-2, bei dem es, als Fortsetzung zum DFG-Projekt Ko 1488/4-1, um die Erfassung und Aufbereitung dynamischer Daten zum Gebäudebestand Ettlingens ging.

Inhaltsverzeichnis

1 Die Abbrüche in Ettlingen seit 1936	5
1.1 Die Abbrüche in der Stichprobe	5
1.2 Beschaffung weiterer Abbruchdaten	5
2 Aufgetretene Probleme	6
2.1 Handschrift	6
2.2 Tote Akten	7
2.3 Ordnungszahlen (OZ)	8
2.4 Lagepläne	9
2.5 Die Pforzheimer Straße 134 (Spinnerei Ettlingen)	9
2.6 Die Pforzheimer Straße 68-74	9
3 Daten	9
3.1 Die Stichprobe des Jahres 2000	10
3.2 Das automatisierte Liegenschaftskataster 2000	10
3.2.1 Die Abbrüche aus der Feuerversicherung 1936-1994	10
3.3 Abbruchgenehmigungen im Bauordnungsamt seit 1995	11
3.4 Wohngebäude (Kernstadt)	11
3.5 Wohngebäude (Gesamtstadt)	12
3.6 Geographische Informationssysteme	12
4 Überlebensanalyse	12
4.1 Rechtszensur	13
4.2 Ad-hoc Umgang mit Intervallzensur	13
4.3 Homogenisierung	13
4.4 Die Schätzung der Rechtszensur	14
4.4.1 Die Altersklassenverteilung der Stichprobe	16
4.4.2 Schätzung der Alters-/Nutzungsklassen	16
4.4.3 Das geschätzte Alter der unbekanntes Gebäude	17
4.5 Überlebenswahrscheinlichkeiten Ettlinger Gebäude	22
4.5.1 Die Abbrüche zwischen 1995 und 2000	22
4.5.2 Altersklassen der Wohn- und Nichtwohngebäude	24
4.5.3 Vergleich mit der Stichprobe	26
4.5.4 Die Pforzheimer Straße 134	26
5 Was in der Zukunft noch zu tun ist	27
A Pukelsheims Methode	29
B Überlebenswahrscheinlichkeiten	32
B.1 Ettlingen Kernstadt	32
B.2 Die Stichprobe	35
B.3 Die Pforzheimer Straße 134	38
C Rekonstruierte Pläne der Spinnerei	41
D Abkürzungen	47

Einleitung

Der Gebäudebestand ist das grösste physische, wirtschaftliche und kulturelle Kapital einer Gesellschaft. Dennoch sind sein Umfang, seine Struktur und die Dynamik seiner Veränderung recht unzureichend bekannt. Um die Auswirkungen sich verändernder Rahmenbedingungen abschätzen zu können, muss der betroffene Gebäudebestand bekannt und Modelle zu seiner Dynamik verfügbar sein. Dazu werden unter Anderem Informationen über die Prozesse benötigt, denen der Bestand hinsichtlich der Veränderung von Nutzung, Größe oder Alter sowie Konstruktionsart und Baustoffen unterworfen ist.

Um zunächst für eine Modellstadt — hier: Ettlingen (Kernstadt) — überhaupt die Struktur des Bestandes zu einem fixierten Zeitpunkt — hier: das Jahr 2000 — zu verstehen und Methoden für dessen strukturelle Analyse zu entwickeln, befasste sich der erste Teil des Projekts (Ko 1488/4-1) mit der Nutzungs-, der Größen- und Altersstruktur des Ettlinger Gebäudebestands im Jahr 2000. Da jedoch die Baujahre von Gebäuden nicht digital vorlagen, konnte die Altersverteilung und die Verteilung des Bruttorauminhalts in angemessener Zeit nur über eine zufällige Stichprobe geschätzt werden. Genauer wurde die Größe von am Statistischen Bundesamt angelehnten Alters- und Nutzungsklassen sowie deren Bruttorauminhalte geschätzt [BSF01].

Als ergiebigste Datenquelle erwies sich die SV Gebäudeversicherung Baden-Württemberg (die wir fortan stets mit Feuerversicherung oder FVS bezeichnen werden), die ein Archiv über nahezu sämtliche zwischen 1936 und 1994 versicherte Gebäude besitzt.

Im zweiten Teil des Projekts (Ko 1488/4-2) ging es um die Dynamik des Modellbestandes. Insbesondere interessierte das Abbruchverhalten der Gebäude in Abhängigkeit von Alter und Nutzung. Da aber über die Nutzung keine *dynamische* Daten in der Stichprobe in hinreichender Zahl vorlagen, war es nötig, eine Totalerhebung *aller* in der Feuerversicherung enthaltenen Abbrüche zu veranlassen. Diese ergibt nach nicht unbeträchtlichem Aufwand eine große Menge an Daten über fast alle Abbrüche versicherter Gebäude im Zeitraum 1936-1994 in der Kernstadt Ettlingen. Diese wurde durch die vom Bauordnungsamt genehmigten Abbrüche der Jahre 1995-2000 ergänzt, um eine erste Überlebensanalyse vornehmen zu können.

Als erstes muss bei der Überlebensanalyse der Gebäude berücksichtigt werden, dass Zensur vorliegt, weil einige (hier: die meisten) Gebäude noch stehen, ihr zu erreichendes Alter also unbekannt ist. Die Theorie der Überlebensanalyse stellt jedoch genau hierfür Methoden bereit, die Überlebenswahrscheinlichkeiten der verschiedenen Klassen von Gebäude zu schätzen.

Im vorliegenden Fall musste die Zensur selbst geschätzt werden — nämlich das Alter der im Jahr 2000 stehenden Gebäude. Mit der Erfüllung eben dieser wichtigen Aufgabe bettet sich der erste Teil des Projekts in das gesamte Forschungsprojekt ein. Zusammen mit den im zweiten Teil erhobenen Abbruchdaten konnten nun erste geschätzte Überlebenskurven für den Gebäudebestand Ettlingen gezeichnet werden.

Für einen recht großen Teilbestand Ettlingens, die Untere Spinnerei (fortan kurz Spinnerei genannt) befanden sich alle versicherten Gebäude in einer gemeinsamen Akte, da sie alle unter der Adresse Pforzheimer Straße 134 laufen. Die Herannahme der vollständigen Akte erlaubt es, separate Schätzer für die Überlebenswahrscheinlichkeiten anzugeben. Es handelt sich hierbei um einen Industriebestand, der auch Wohngebäude umfasst und wirft für die Zukunft detailliertere Fragen nach Einflussfaktoren bezüglich des Überlebensverhaltens auf: beispielsweise, ob

Wohngebäude in Industriegebieten ein signifikant verschiedenes Überlebensverhalten aufweisen als in anderen Stadtteilen.

Der parallel hierzu entstandene gleichnamige interne Bericht [β] enthält noch Angaben zum Auffinden der Dateien zum Projekt.

1 Die Abbrüche in Ettlingen seit 1936

1.1 Die Abbrüche in der Stichprobe

Die etwa 2000 Gebäude umfassende Stichprobe des Gebäudebestands Ettlingen [BSF01] enthält auf Grund der notwendig gewordenen Vorgehensweise auch Informationen zu abgebrochenen Gebäuden: nämlich immer dann, wenn Gebäude mit derselben Adresse wie eines der zufällig ausgewählten Gebäude abgerissen und dadurch von der Feuerversicherungspflicht befreit war (die Stichprobe entstand praktisch durch eine zufällige Auswahl von Adressen, für die im Archiv der Feuerversicherung *alle* Gebäude mit Ausnahme der Garagen in der jeweiligen Akte erhoben wurden). Es handelt sich um 30 Wohn- und 208 Nichtwohngebäude, zudem gibt es 3 abgebrochene Gebäude, die ihre Nutzung wechseln.

Problematisch erscheint der Umstand, dass sich 74 der abgebrochenen Gebäude auf drei Adressen konzentrieren:

Pforzheimer Straße 134	39
Schöllbronner Straße 21	21
Pforzheimer Straße 68-74	14

Dies macht etwa ein Drittel der Nichtwohngebäude aus.

Da somit eine Stratifizierung nach Altersklassen und später weiterer, darunter auch räumlicher Kovariablen nicht sinnvoll ist, wurde der Entschluss gefasst, nach *allen Abbrüchen* seit 1936 in der Kernstadt Ettlingen zu suchen, d.h. eine Totalerhebung der Abbrüche seit 1936 durchzuführen.

1.2 Beschaffung weiterer Abbruchdaten

Die Beschaffung von Abbruchdaten über den Gebäudebestand Ettlingens im Archiv der Feuerversicherung erwies sich als äußerst zeitaufwändig und liefert im Zeitrahmen des Projekts eine nahezu vollständige Erhebung der Abbrüche zwischen 1936 und 1994 in Ettlingen.

Es wurden zuallererst im Bauordnungsamt Ettlingen von Hand durch Ablesen eines Monitors die Adressen aller elektronisch erfassten Abbruchgenehmigungen der Kernstadt ermittelt und Adresse sowie Bau- und Abbruchjahr, als auch Nutzung notiert. Durch dieses Verfahren waren die Daten alphabetisch nach Adresse sortiert. Das früheste Abbruchjahr ist 1937, und es kamen etwa 300 Adressen zu Tage. Diese Adressen wurden anschließend im Archiv der FVS in Hagsfeld herangezogen und für alle Gebäude des betreffenden Flurstücks folgendes notiert:

- Ordnungszahl¹
- Baujahr
- ggf. Abbruchjahr
- bauliche Veränderungen mit zugehörigem Zeitpunkt
- Nutzungen
- Geschossezahlen

¹s. Abschnitt 2.3

Es wurde beim Erfassen beobachtet, dass etliche Regalabschnitte anscheinend keine Abbruch-einträge haben und lange Straßen (z.B. die Pforzheimer Straße) nur wenige Adressen mit Abbrüchen enthielten. Desweiteren waren die meisten dicken Akten zwar auf der Abbruchgenehmigungsliste vertreten, aber nur mit einem teilweise sehr kleinen Anteil ihrer registrierten Abbrüche. Aus diesem Grund wurde entschieden, alle ca. 4000 Akten der Kernstadt Ettlingen im Archiv der Feuerversicherung durchzusehen und nur wenige Merkmale zu notieren. Dies sollte in kürzest möglicher Zeit einen Überblick über die Abbruchtätigkeit in allen Adressen schaffen. Notiert wurde für jede Adresse

- Flurstücksnummer erstes Dokument (in der Regel ein Einschätzungsverzeichnis)
- Flurstücksnummer letztes Dokument (oft ein Einschätzungsverzeichnis)
- Baujahr des Gebäudes mit Ordnungszahl 1 des ersten Dokuments
- Jahr des letzten Eintrags
- Akte enthält Abbruch (ja/nein)

In einem *Einschätzungsverzeichnis* werden alle Gebäude und alle versicherungstechnisch relevanten Daten zum jeweiligen Gebäude aufgeführt, die ab Gültigkeitsdatum solange Bestand haben, bis das entsprechende Gebäude in einem späteren Einschätzungsverzeichnis erwähnt wird oder ein Abgangsnachweis erstellt wird. Durch die Altersangabe kann das Baujahr leicht ermittelt werden, was insbesondere bei der „Ursache der Schätzung²: Neubau“ wichtig ist. Bei Einschätzungsverzeichnissen ab ca. 1980 werden pro Gebäude auch Baujahre (plural!) explizit angegeben; diese meinen aber Gültigkeitsjahre einiger früherer Einschätzungsverzeichnisse sowie das eigentliche Baujahr (das oftmals wesentlich vom aus dem allerersten Einschätzungsverzeichnis errechneten Baujahr abweicht). Bei Abgängen ist nur die Ordnungszahl (s. Abschnitt 2.3) und der Versicherungswert angegeben. Die verschiedenen Versionen der Flurstücksnummer sind für eine Identifikation in Katasterplänen verschiedener Jahre (seit 1870) nötig. Ziel war es zudem, eine untere Schranke für eine exakte Altersverteilung zu bekommen und das Alter flurstücksweise in einem geographischen Informationssystem zu verknüpfen.

Schließlich wurden alle Akten, die einen Abbruch enthalten, herangezogen und auf Grund der vorangeschrittenen Zeit die Daten lediglich für Abbruchgebäude in eine zwischenzeitlich vorbereitete Eingabemaske einer Datenbank eingegeben (Abbildung 1). In diesem Zusammenhang wurde gesehen, dass auch Materialdaten mit wenig mehr Mehraufwand erhoben werden können, daher wurden schließlich für jedes Gebäude auch Material- und Wertangaben mit den zugehörigen Zeitpunkten festgehalten.

Im nachfolgenden Abschnitt stellen wir die Problematik der Datenbeschaffung ausführlicher dar.

2 Aufgetretene Probleme

2.1 Handschrift

Die Einschätzungsverzeichnisse bis 1950 sind in den allermeisten Fällen handschriftlich ausgefüllt. Als Schriftarten überwiegen deutsche Handschriften, die gemeinhin fälschlicherweise

²Wir zitieren wörtlich; gemeint ist die Ursache für die Erstellung eines neuen Einschätzungsverzeichnisses.

Abbildung 1: Eingabemaske zur Aufnahme von Gebäuden in die Datenbank

unter dem Sammelbegriff „Sütterlin“ bekannt sind. Das eigentliche Sütterlin kam in den Akten bei höchstens zwei Sachbearbeitern vor und erwies sich als die am schwierigsten zu lesende Handschrift, hauptsächlich aufgrund der hohen Strichstärke. Eher anzutreffen waren die Offenbacher Schrift und Derivate hiervon. Es erforderte für einige der wissenschaftlichen Hilfskräfte eine gewisse Zeit des Einlesens bis zur Beherrschung der Lesefähigkeit dieser Schriften. Deshalb wurde darauf geachtet, dass stets ein Mitarbeiter mit guter Lesefähigkeit bei der Datenerfassung zugegen war, sodass Problemfälle stets vor Ort angegangen werden konnten.

2.2 Tote Akten

Das Archiv der Feuerversicherung hat zunächst für jede Gemeinde einen Regalabschnitt. Dort finden sich, nach Gemeindeteilen stratifiziert, alle Adressen, die ein 1994 versichertes Gebäude enthalten, in alphabetischer Reihenfolge mit aufsteigend sortierten Hausnummern. Das Archiv selbst entstand kurz nach der Aufhebung des Monopols und der Feuerversicherungspflicht 1994 durch Zusammentragen von Akten aus den entsprechenden Abteilungen der im Einzugsbereich befindlichen Gemeinden (Baden) sowie etwas später durch Übergabe seitens einer zentralen Stelle für die Gemeinden Württembergs. Dabei interessierte man sich lediglich für Akten, die ein versichertes Gebäude enthielten. Die „toten“ Akten blieben bei den Gemeinden und wurden vermutlich meistens entsorgt, bestenfalls lokal archiviert. Diese toten Akten bestehen aus Adressen, die durch Abbruch vollständig frei wurden und eine Zeit lang nicht wieder bebaut wurden. Bei späterer Wiederbebauung lag es wohl im Ermessen des lokalen Bearbeiters, das neue Einschätzungsverzeichnis in die tote Akte einzufügen und sie zu reaktivieren oder eine neue Akte anzulegen.

Es gibt im Archiv der Feuerversicherung daher weder Einschätzungsverzeichnisse zu Adressen, die 1994 nicht bebaut waren, noch auch zu Adressen in den Gültigkeitszeiten toter Akten. Eine Nachfrage beim Stadtarchiv lieferte keinen Aufschluss über den Verbleib toter Akten, daher standen solche uns nicht zur Verfügung.

Da für Ettlingen momentan weder die Anzahl der toten Akten noch die betreffenden Adressen geschätzt werden können, gehen wir vereinfachend davon aus, tatsächlich eine Vollerhebung der Abbrüche Ettlögens von 1936 bis 1994 durchgeführt zu haben.

2.3 Ordnungszahlen (OZ)

Steht in einer Adresse mehr als ein versichertes Gebäude, so werden alle diese Gebäude von der Feuerversicherung durchnummeriert und erhalten eine *Ordnungszahl*. Bei der allgemeinen Nachprüfung zwischen 1936 und 1937 erhielt normalerweise das Hauptgebäude, das vermutlich in der Regel auch das älteste Gebäude seiner Adresse war, die Ordnungszahl 1. Bei der allgemeinen Nachprüfung ist die Liste der Ordnungszahlen einer Adresse ein Abschnitt $1, \dots, n$ der natürlichen Zahlen. Enthält das darauf folgende Einschätzungsverzeichnis keinen Abgang, so ist die neue Liste der Ordnungszahlen wiederum ein Abschnitt $1, \dots, n + m$, wobei m die Anzahl der neu erfassten Gebäude ist. Bei einem Abgang eines versicherten Gebäudes wird die zugehörige Ordnungszahl aus der Liste gelöscht, und diese Ordnungszahl ist wieder für spätere Einschätzungsverzeichnisse verfügbar. Wie die Ordnungszahlen dann beim darauffolgenden Einschätzungsverzeichnis vergeben wurden, hing vom lokalen Bearbeiter³ ab. Bei manchen Akten, die auf eine rege Abbruch- und Neubautätigkeit schließen lassen, war der bearbeitende Schätzer bestrebt, wieder einen Abschnitt der natürlichen Zahlen zu schaffen und nummerierte alle Gebäude neu durch. Dies bewirkt, dass ein festes Gebäude im Laufe seiner Standzeit eine Folge von Ordnungszahlen durchläuft, über die für unsere Zwecke Buch geführt werden muss. Allerdings konnte sich der Schätzer so sicher sein, dass nicht zwei Gebäude dieselbe Ordnungszahl erhielten. Bei Akten, die einen Abgang enthalten, muss daher jedes einzelne Gebäude zusammen mit ihrer Ordnungszahl mitverfolgt werden, und dabei darf kein Einschätzungsverzeichnis ausgelassen werden, auch wenn nur Baujahr und Abbruchjahr ermittelt werden soll. Sonst kann nicht sicher gestellt werden, dass das ermittelte Paar von Jahren zu einem einzigen Gebäude gehört.

Als besonders schwierige Fälle erwiesen sich die Akten zur Pforzheimer Straße 68-74 sowie zur Pforzheimer Straße 134. Beide Akten wurden vollständig, insbesondere auch ihre Lagepläne, kopiert. Das Ziel war es, durch Überlagerung aller Lagepläne und Vergleich mit Akteneinträgen einen genauen Überblick über den historischen Verlauf in diesen Adressen zu bekommen, um jedem Gebäude korrekt ihre Folge von Ereignissen zuordnen zu können. Aus Zeitgründen wurde dies nur für die Pforzheimer Straße 134 durchgeführt.

Es handelt sich dabei um eine Adresse im Industriegebiet Ettlögens, das noch einer gesonderten Untersuchung bedarf, um eine vermutete höhere Dynamik des Industriebestandes im Vergleich zum Wohnungsbestand nachzuweisen. Die genannte Adresse wurde gesondert untersucht (Abschnitt 2.5).

³Er wird im Einschätzungsverzeichnis „Schätzer“ genannt.

2.4 Lagepläne

Die Einschätzungsverzeichnisse haben allesamt das Format DIN A4, und in den älteren Einschätzungsverzeichnissen ist auf den ersten beiden Dritteln der letzten Seite ein grünes Millimeterraster für Grundrisszeichnungen aufgedruckt. Der Maßstab muss von Hand eingetragen werden. Dennoch ist grundsätzlich bei den Lageplänen von keiner sehr hohen Genauigkeit auszugehen. Sie vermitteln immerhin ein grobes Bild über die Grundrissform und Lage der Gebäude. Oft sind im jeweiligen Einschätzungsverzeichnis nur die betroffenen Gebäude im Lageplan eingezeichnet. Außerdem fehlen häufig Flurstücksgrenzen, sowie hin und wieder begrenzende Straßen. Bei Adressen mit vielen Gebäuden wurde oft nicht ein neuer Lageplan ins Einschätzungsverzeichnis gezeichnet, sondern ein separater Lageplan erstellt. Auf ihn wird dann zwar verwiesen, doch ist er in vielen Fällen nicht mehr in der Akte vorhanden. Gibt es nach relativ kurzer Zeit ein neues Einschätzungsverzeichnis für dieselbe Adresse, so wird nicht immer ein neuer Lageplan gezeichnet, sondern die Änderungen im vorangegangenen Lageplan eingezeichnet; ein Überkleben von Zeichnungen kam auch vor. Es kommt auch vor, dass sich mehrere Einschätzungsverzeichnisse nacheinander auf den selben, jeweils aktualisierten, alten Lageplan beziehen. Dann ist es nicht leicht, die einzelnen Etappen nachzuvollziehen.

2.5 Die Pforzheimer Straße 134 (Spinnerei Ettlingen)

Die Adresse „Pforzheimer Straße 134“ fiel schon im ersten Teil des Projekts auf Grund ihrer hohen Dynamik auf. Ihre Akte (wie auch die manch anderer Industrieadressen) zeichnet sich durch eine ungewöhnlich hohe Aktendicke aus. Lagepläne sind meist sehr groß und separat eingehftet. Auf Grund ihrer Komplexität wurde die Akte der Pforzheimer Straße 134 mitsamt ihrer Lagepläne fotokopiert und vollständig erhoben. Anhand der Einschätzungsverzeichnisse und der Lagepläne wurde die Lebensgeschichte aller Gebäude nachgezeichnet. Es kamen dabei 72 Abbrüche von Nichtgaragengebäuden (fast doppelt so viele wie in der Erhebung der Stichprobe) und Abbrüche von 3 Garagen zum Vorschein (die Garagen waren im ersten Teil des Projekts nicht relevant). Als Abbruch wurden hierbei nicht nur explizite Abbrucheinträge im Einschätzungsverzeichnis gewertet, sondern auch solche, die durch Überlagerung von Lageplänen ermittelt wurden.

Dabei wurde das bloße Fehlen eines Gebäudes nicht als Abbruch gewertet (wie auch nicht jeder Eintrag „Abgang“ im Einschätzungsverzeichnis), es musste vielmehr anhand eines späteren Lageplans oder des ALK 2000 der Verbleib eines Gebäudes im Bestand als unmöglich angesehen werden, weil etwa ein (u.U. größerer) Neubau auf derselben Stelle gezeichnet war.

2.6 Die Pforzheimer Straße 68-74

Die Akte der Pforzheimer Straße 68-74 ist fast genauso dick wie die der Pforzheimer Straße 134 und von ähnlicher Komplexität. Für sie ist ein Vorgehen wie in Abschnitt 2.5 geplant, aber noch nicht durchgeführt. Daher muss für die weitere Untersuchung momentan der Gesamtbestand um die Gebäude dieser Adresse verringert werden.

3 Daten

In den folgenden Unterabschnitten werden jeweils die vorliegenden Daten beschrieben.

3.1 Die Stichprobe des Jahres 2000

Es existieren Daten über etwas mehr als 2000 Gebäude der Kernstadt Ettlingens, die dadurch zu Stande kommen, dass eine zufällige Stichprobe von Gebäuden aus dem automatisierten Liegenschaftskataster (ALK) gezogen und in der FVS das betreffende Flurstück jeweils komplett erhoben wurde [BSF01]. Damals wurde auch eine Nacherhebung im Bauordnungsamt (BOA) zur Auffüllung fehlender Daten durchgeführt [BSF01].

Folgende Merkmale wurden damals notiert:

- Nutzung
- Baujahr
- Rauminhalte
- Materialien
- Bauliche Veränderungen und deren Zeitpunkte

In [BBKS02] werden die Ergebnisse von [BSF01] zusammengefasst (vgl. auch [Sch03]).

3.2 Das automatisierte Liegenschaftskataster 2000

Im automatisierten Liegenschaftskataster (ALK) finden sich alle gemeldeten Gebäude Ettlingens mit samt ihrer Nutzung. Es wird im ersten Teil des Projekts aus praktischen Gründen davon ausgegangen, dass dies der Gesamtbestand Ettlingens zu diesem Zeitpunkt ist.

3.2.1 Die Abbrüche aus der Feuerversicherung 1936-1994

Im Jahr 1936 gab es eine allgemeine Nachprüfung aller damals versicherungspflichtigen Gebäude (dies betraf nahezu alle Gebäude). Jede versicherungstechnisch relevante Änderung am Gebäude (sowie Neubau), die angezeigt wurde, führte zu einer neuen Akte, in welcher normalerweise der Erhebungsgrund sowie die Ausprägungen der Merkmale aus Abschnitt 3.1 (und weiterer) eingetragen wurden. Die Einschätzungsverzeichnisse sind adressenweise im *Feuerversicherungsbuch* zusammengefasst, wobei die Einschätzungsverzeichnisse einer festen Adresse separat mit badischer Lochung (zwei Löcher am linken oberen Rand im Abstand von ca. 4 cm) zusammen gebunden sind.

Im zweiten Teil des Projekts wurde nach allen Abbrüchen im Archiv gefahndet und anschließend die folgenden, nach *globalen* (zeitlich invarianten) und *lokalen* (zeitlich veränderlichen) Merkmalen getrennt, notiert.

Global:

- Baujahr
- Abbruchjahr

Lokal (mit dem jeweiligen Zeitpunkt) im Falle einer baulichen Änderung:

- Flurstücknummer
- Ordnungszahl (OZ)

- Adresse
- Nutzung
- Erfassungsgrund
- Geschosszahl

Nach etwa 60% der erfassten Abbruchgebäude wurden zusätzlich noch erhoben (wieder jeweils mit Zeitpunkt):

1. Materialien
2. Abmessungen
3. Zustand
4. Wertangaben
5. Kellerdeckenbezeichnung
6. Kniestock (ja/nein)
7. Keller (ja/nein)

Außerdem wurden alle Lagepläne des jeweiligen Einschätzungsverzeichnisses kopiert.

Der vorausgehende „Schnelldurchlauf“ liefert nebenbei für jede in der FVS vorkommende Adresse das Baujahr des Gebäudes mit OZ 1 des jeweils ältesten Einschätzungsverzeichnisses nebst Flurstücksnummer. Dies sind etwa 4000 Adressen mit Baujahren.

Problematisch ist hierbei, dass bei der Aktenübergabe ins Archiv im Jahr 1994 anlässlich der Aufhebung des Monopols keine „toten“ Einschätzungsverzeichnisse (zu Adressen, unter denen *alle* Gebäude abgebrochen wurden und kein Neubau in naher Zukunft zu erwarten war) ins Archiv kamen. Verantwortlich für den Verbleib der toten Einschätzungsverzeichnisse war die jeweilige Gemeinde.

3.3 Abbruchgenehmigungen im Bauordnungsamt seit 1995

Das Beispiel der Pforzheimer Straße 134 zeigt, dass im Bauordnungsamt (BOA) leider nicht alle Abbrüche seit 1994 zu finden sind. Außerdem wird lediglich Baujahr, Abbruchjahr und Nutzung zum Zeitpunkt des Abbruchs und des Baujahrs notiert. Bei vielen Gebäuden sind die Nutzungsmerkmale nicht vorhanden und es fehlt oft das Baujahr. Zudem kommt der Vermerk „Abbruch von Gebäuden“ anstelle einer Aufzählung von Gebäuden vor, sodass die Anzahl der genehmigten Abbrüche nicht bekannt ist.

3.4 Wohngebäude (Kernstadt)

Anzahlen der Wohngebäude in der Ettlinger Kernstadt gibt es in folgenden Quellen:

1. Statistisches Jahrbuch Deutscher Gemeinden der Jahre 1961, 1968-1971.
2. Gebäude- und Wohnungszählungen der Jahre 1950, 1956, 1961, 1968, 1987.

Jahr	Bestand
1871	441
1900	640
1925	880
1950	1400
1961	2091
1968	2515

Tabelle 1: Historische Wohngebäudezahlen der Kernstadt (Quelle: Stadtarchiv).

3. Zum Bestand der Kernstadt früherer Jahre gibt Tabelle 1 Auskunft.

1. liefert Bestandszahlen und Rohzugänge⁴ der angegebenen Jahre.
2. liefert vermutlich nur für die Jahre 1968 und 1987 Auskünfte über Altersklassen von Wohngebäuden. 1968 ist in der Zählung von 1987 als Vergleichszahl enthalten.

3.5 Wohngebäude (Gesamtstadt)

Im Statistischen Jahrbuch Deutscher Gemeinden ab dem Jahr 1972 gibt es Zahlen zum Bestand und den Rohzugängen, jedoch nur für die Gesamtstadt Ettlingen, die seit den Eingemeindungen 1972 nicht mehr mit der Kernstadt übereinstimmt.

3.6 Geographische Informationssysteme

Alte Stadt- und Katasterpläne, die Stichprobe sowie die Abbrüche werden derzeit mit der ALK verknüpft. Pläne werden digitalisiert. Die identifizierbaren Gebäude der Stichprobe wurden in der ALK 2000 identifiziert. Die Abbrüche werden in den alten Plänen identifiziert. In Ettlingen gibt es zudem ALKs für die Jahre 1998-2002. Vergleiche sind noch zu tätigen. Schließlich lagern in Ettlingen Luftbilder vieler verschiedener Jahre und verschiedener Aufnahmetechniken. Eine Auswertung davon ist zu einem späteren Zeitpunkt vorgesehen.

4 Überlebensanalyse

Überlebensanalyse von Wohngebäudebeständen wird schon in [KKY94] und [J93] betrieben. Die Autoren verwenden Kohorten-Lebenstabeln sowie stock-and-flow-Modelle, um Sterblichkeiten zu schätzen (siehe auch [J01]). Da in unserem Fall jedoch longitudinale Daten der Abbruchgebäude sowie eine Schätzung der Altersverteilung der noch stehenden Gebäude (via Stichprobe) vorliegen, können etwas modernere Methoden für Zählprozesse verwendet werden, wie sie beispielsweise in [KM99] beschrieben werden. Da wir auch Daten für Nichtwohngebäude vorliegen haben, ist ein Vergleich zwischen verschiedenen Nutzungstypen prinzipiell möglich. Dabei unterscheiden wir zunächst lediglich zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden, eine feinere Einteilung wurde auf Grund der Datenlage zwar durchgeführt, Analysen diesbezüglich sind jedoch für nachfolgende Forschungsarbeiten vorgesehen.

Sei X_b die zufällige Zeit bis der Abbruch eines festen Gebäudes b aus einem gegebenen Bestand \mathfrak{B} eintritt. Diese Zeit lässt sich als nicht negative Zufallsvariable modellieren. Wir nehmen

⁴Dies sind alle genehmigten und ausgeführten Baumaßnahmen

an, dass der Bestand homogen ist und sich die Zeiten verschiedener Häuser nicht gegenseitig beeinflussen, was bedeutet, dass die Familie aller X_b , $b \in \mathfrak{B}$, als unabhängig und identisch verteilt angesehen wird.

4.1 Rechtszensur

Bei der Rechtszensur gibt es für jedes $b \in \mathfrak{B}$ eine positive Zensurzeit C_b . Beobachtet wird dann für jedes Gebäude b der Wert $T_b = \min\{X_b, C_b\}$. Ist beispielsweise das Gebäude b im Jahr 2000 noch nicht abgebrochen, so ist $X_b > C_b$ und C_b das Alter des Gebäudes b im Jahr 2000. Aus diesen Beobachtungen und der Information, ob im jeweiligen Fall gerade $T_b = X_b$ oder $T_b = C_b$ vorliegt, soll die Überlebenswahrscheinlichkeit $S(t)$ bis zum Alter t geschätzt werden. Letztere ist definiert als

$$S(t) = \text{Wahrscheinlichkeit, dass Abbruch nach dem Alter } t \text{ stattfindet.}$$

Im Fall $T_b = C_b$ heißt die Beobachtung (und auch das Gebäude) *zensiert*. Dabei muss mindestens vorausgesetzt werden, dass unter den Gebäuden mit gleicher Ausprägung von T_b die zensierten eine zufällige Auswahl sind (bei gleichen Kovariablen). Es wird dann von *unabhängiger Zensur* gesprochen. Ist diese nicht gegeben, so ist die einzige Möglichkeit für die Schätzung des Überlebensverhaltens, den Überlebens- und den Zensurprozess zu modellieren und dabei meist zukünftiges Wissen zu verwenden.

Bei Vorliegen von Rechtszensur verwenden wir zur Schätzung von $S(t)$ den *Kaplan-Meier-Schätzer*

$$\hat{S}(t) = \begin{cases} 1, & \text{falls } t < t_1 \\ \prod_{t_i \leq t} \left(1 - \frac{d_i}{Y_i}\right), & \text{falls } t \geq t_1. \end{cases}$$

Dabei ist $t_1 < t_2 < \dots < t_D$ die Folge der verschiedenen Lebensalter der abgebrochenen Gebäude, d_i die Anzahl der im Alter t_i abgebrochenen Gebäude und Y_i die Anzahl der Gebäude, die ein Alter von mindestens t_i erreicht haben.

4.2 Ad-hoc Umgang mit Intervallzensur

Falls das Abbruchjahr eines Gebäudes nicht bestimmbar ist, aber ein Zeitintervall angegeben werden kann, in welchem der Abbruch stattgefunden haben muss (Abbruchintervall), so spricht man von *Intervallzensur*. Für die Bestimmung eines Schätzers für die Überlebenswahrscheinlichkeit $S(t)$ bei Vorliegen von Intervallzensur gibt es in der Literatur ein iteratives Verfahren, bei dem diese durch eine Folge von Kaplan-Meier-Schätzern approximiert wird (siehe z.B. [KM99, Kapitel 5.2]). Wir begnügen uns zunächst damit, jedes auftretende (echte) Abbruchintervall durch seinen Mittelpunkt zu ersetzen. Den resultierenden Bias können wir uns erlauben, da die Anzahl der intervallzensierten Gebäude sehr gering ist. Dafür können wir den einfachen Kaplan-Meier-Schätzer für Rechtszensur verwenden.

4.3 Homogenisierung

Um mit annähernd homogenen Beständen arbeiten zu können, wurde der Gebäudebestand Ettlingens nach Alters- und Nutzungsklassen stratifiziert. Die Nutzungsklassen sind zunächst die Wohn- und die Nichtwohngebäude (ausgenommen Garagen). Die Altersklassen (AK) wurden

allerdings im Laufe des Projekts neu definiert, um der dynamischen baulichen Entwicklung in der vorindustriellen Zeit einerseits, als auch neueren Entwicklungen gerecht zu werden (Tabelle 2).

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 Verstädterung (Gründerzeit)
1919 - 1933	4	Nachkriegsjahre: Verwendung von Ersatzrohstoffen; „Goldene Zwanziger“ mit hohen Wachstumsraten, Investitionen und Auslandsverschuldung; 1929-1932: Weltwirtschaftskrise mit rückläufiger Produktion und hoher Arbeitslosigkeit
1934 - 1949	5	Mangelwirtschaft mit Ersatzrohstoffen, „Blut und Boden Politik“; wachsende Kriegsindustrie: Autobahnbau, Chem. Industrie, Fahrzeugbau und 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); Fertigteilmontagebauweise, 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 1978 in Kraft; II. WSchVO von 1982 tritt in Kraft; 1985: Starke Konjunkturschwankungen; 1989: Wiedervereinigung Deutschlands
1995 - heute	9	III. WSchVO tritt 1995 in Kraft; 01.01.2002: ENEV tritt in Kraft

Tabelle 2: Die Altersklassendefinitionen

4.4 Die Schätzung der Rechtszensur

Da auf Grund der Papierarchivierung der Daten nicht von jedem Gebäude Ettlungen das Baujahr ermittelt wurde, insbesondere nicht von allen nicht abgebrochenen Gebäuden, muss die Rechtszensur geschätzt werden. Diese Zensur wird allermeist dadurch verursacht, dass ein Gebäude bis zum Jahr 2000 nicht abgebrochen wurde. Die unter den Adressen mit Abbrüchen gefundenen Gebäude, die auf ungeklärter Weise aus der „Studie“ herausfallen (etwa durch ungeklärten expliziten Abgang aus der Feuerversicherung), sind im Vergleich dazu ein verschwindend geringer Teil. Daher kann der unbekannte Teil der Rechtszensur über die Altersverteilung der Stichprobe geschätzt werden, d.h. den Anteil mit ungeklärtem Abgang im abbruchfreien Teil des Feuerversicherungsarchivs setzen wir gleich Null.

Die nun betrachtete Grundmenge ist die Gesamtheit aller in der Datenbank befindlichen Gebäude.

Abbruch und andere Ereignisse werden in den beiden Variablen `cens` und `nucens` kodiert. Diese werden in den Tabellen 3 und 4 erklärt.

0	=	unklar
1	=	Abbruch
2	=	steht 1994 noch
3	=	Abgang
4	=	Höhere Gewalt
5	=	ist irgendwann Garage mit Abbruch
6	=	ist irgendwann Garage mit Abgang
7	=	ist irgendwann Garage mit höherer Gewalt
8	=	steht 2000 noch

Tabelle 3: Die Variable `cens`.

In Tabelle 3 sind die Ausprägungen '2' und '8' dabei sich gegenseitig ausschließend gemeint: ein hinreichend altes Gebäude, das im Jahr 2000 noch steht (und damit auch im Jahr 1994) ergibt den eindeutigen Wert '8' für `cens`.

0	=	Nutzung unklar
1	=	Nutzung konstant Wohnen
2	=	Nutzung springt zwischen Wohnen und Nichtwohnen
3	=	Nutzung konstant nicht Wohnen
8	=	aus nicht Garage wird Garage
9	=	konstant Garage

Tabelle 4: Die Variable `nucens`.

Die Variable `nucens` berücksichtigt Nutzungsänderungen. Sollen etwa Aussagen über Wohngebäude getroffen werden, so ist eine Veränderung eines Wohngebäudes zum Nichtwohngebäude eine Zensur, selbst wenn für das Gebäude später ein Abbruch beobachtet wird.

Tabelle 5 zeigt jedoch, dass Umnutzung ein äußerst seltenes Ereignis ist:

AK	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<code>nucens</code> = 2	4	2	3	3	5	4	5	0	0

Tabelle 5: Die Gebäude mit springender Nutzung

Aus diesem Grund werden im Folgenden der Einfachheit halber stets entweder konstante Wohngebäude oder konstante Nichtwohngebäude betrachtet, d.h. es wird eine Stratifizierung nach `nucens` vorgenommen, und ungenutzte Gebäude gehen in den Schätzer der Überlebenswahrscheinlichkeit nicht ein. Es ist ohnehin der Fall, dass die weitaus häufigsten zensierten Gebäude diejenigen sind, die eine konstante Nutzung haben und nicht abgebrochen sind, wie Tabelle 6 zeigt.

cens\nucens	0	1	2	3	8	9
0	0	0	0	9	0	0
1	0	146	12	846	2	6
2	0	11	0	62	1	2
3	0	1	0	7	0	0
4	0	0	0	12	0	0
5	0	0	0	2	3	95
6	0	0	0	0	0	1
8	5	916	14	791	0	0

Tabelle 6: Häufigkeiten von cens und nucens.

4.4.1 Die Altersklassenverteilung der Stichprobe

Die Grundgesamtheit umfasst genau 5200 Gebäude, nämlich die Gebäude in Ettlingen (Kernstadt ohne Kaserne) abzüglich Pforzheimer Strasse 68-74⁵. Letztere Adresse kommt in der Stichprobe vor und umfasst 50 stehende Gebäude.

Aus der Datentabelle entnehmen wir:

```
> table(quality)
  a   b   n  pf134  s
1026 47 808  145  918

> table(quality,AK)
quality\AK  1  2  3  4  5  6  7  8  9
      a    105 51 287 146 136 189 95 17 0
      b     13  2  6  4  2  10  8  2  0
      n     19 36 142 33 41 129 188 208 12
  pf134     6 28 60  4  1  11  11 24 0
      s     45 18 120 66 127 282 114 139 7
```

Dabei bedeuten die nachstehenden Variablen folgende Anzahlen:

- a Abbrüche aus FVS-Archiv 1936-1994 minus PF 68-74 und PF 134
- b Abbruchgenehmigungen BOA 1994-2000 minus PF 68-74 u. 134
- n Stichprobe Nichtwohngebäude im Jahr 2000 minus PF 68-74
- pf134 Alle Gebäude der PF 134 aus FVS-Archiv 1936-1994
- s Stichprobe Wohngebäude im Jahr 2000 minus PF 68-74

Der Stichprobenumfang unter Ausschluss der Pforzheimer Straße 68-134 ist 1726, davon sind 918 Wohn- und 808 Nichtwohngebäude.

4.4.2 Schätzung der Alters-/Nutzungsklassen

Wir betrachten insgesamt 3084 Wohngebäude und 2116 Nichtwohngebäude im Jahr 2000. Mit der Methode von Pukelsheim [P93], die auch im Anhang A erklärt wird, verbleiben in den Alters-/Nutzungsklassen mit unbekanntem Alter⁶:

⁵Der Ausschluss dieser Gebäude aus der Grundgesamtheit wird in Abschnitt 2.6 begründet.

⁶Dies wird in [β, Abschnitt D.1] berechnet.

> weights.n - design.n # Nichtwohngebäude

[1] 31 59 229 54 67 208 304 336 20

> weights.s - design.s # Wohngebäude

[1] 106 43 283 156 300 664 269 328 17

Für diese unbekanntten Gebäude ist nun ein zensiertes Alter zu schätzen.

AK	Jahr	# geschätzte Wohngebäude	davon # unbekannte Wohngebäude	# geschätzte Nichtwohngebäude	davon # unbekannte Nichtwohngebäude	AK	Jahr	# geschätzte Wohngebäude	davon # unbekannte Wohngebäude	# geschätzte Nichtwohngebäude	davon # unbekannte Nichtwohngebäude
1	1640	7	5			6	1950	134	94		
	1690	13	9	3	2		1951	51	36	68	42
	1710	20	14				1952	57	40		
	1730	10	7	3	2		1953	61	43	21	13
	1750	17	12	6	4		1954	71	50		
	1770	27	19	10	6		1955	51	36	52	32
	1790	33	23	5	3		1956	70	49		
	1810	17	12	5	3		1957	50	35	44	27
	1827	7	5	18	11		1958	50	35		
2	1837	20	14	30	18	1959	60	42	34	21	
	1842	10	7	21	13	1960	100	70			
	1847			11	7	1961	100	70	42	26	
	1852	7	5	6	4	1962	37	26			
	1857	4	3	3	2	1963	54	38	76	47	
	1862	16	11	13	8	1965	110	77	132	81	
	1867	4	3	11	7	1966	7	5	44	27	
	1873			11	7	1967	20	14	24	15	
	1875	37	26			1968	17	12	37	23	
3	1877			8	5	1969	17	12	73	45	
	1882	11	8	26	16	1970	70	49	32	20	
	1887	20	14	55	34	1971	37	26	46	29	
	1892	34	24	39	24	1972	43	30	32	20	
	1897	87	61	73	45	1973	24	17	29	18	
	1902	90	63	39	24	1974	14	10	34	21	
	1907	30	21	31	19	1975	24	17	8	5	
	1912			83	51	1977	14	10	24	15	
	1914	94	66			1979	71	50	34	21	
4	1916			6	4	1981	77	54	60	37	
	1919			8	5	1983	60	42	76	47	
	1920	57	40			1985	37	26	86	53	
	1921			18	11	1987	60	42	78	48	
	1923	14	10	16	10	1989	37	26	78	48	
	1925	33	23	11	7	1991	67	47	37	23	
	1927	47	33	8	5	1993	44	31	71	44	
	1929	47	33	16	10	1995	10	7	18	11	
	1931	14	10	5	3	1996	7	5	3	2	
5	1932	10	7	5	3	1997			3	2	
	1935	276	193	10	6	1999	7	5	8	5	
	1937	101	71	26	16						
	1939	17	12	21	13						
	1941			3	2						
	1943	7	5	6	4						
	1947	4	3	6	4						
	1948	21	15	36	22						

Tabelle 7: Schätzung der Altersverteilung der im Jahr 2000 stehenden Gebäude.

4.4.3 Das geschätzte Alter der unbekanntten Gebäude

Für 2266 unbekanntte Wohngebäude und 1308 unbekanntte Nichtwohngebäude wurde im Abschnitt 4.4.2 ihre Altersklasse geschätzt. Nun könnten wir für jedes Gebäude einer festen Altersklasse einfach das mittlere Alter als zensiertes Alter annehmen. Dann aber entsteht bei der Schätzung der Überlebenswahrscheinlichkeit eine Verzerrung. Diese Verzerrung lässt sich

eigentlich nur dadurch beseitigen, dass wir die (uns unbekannte) exakte Altersverteilung in jeder Altersklasse benutzen, also die Baujahre *aller* Gebäude! Wir begnügen uns mit einer Abmilderung dieser Verzerrung, indem wir die Altersverteilung durch eine leichte Verfeinerung der Altersklassen anhand der Stichprobe grob schätzen. Dabei sind die Intervalle so groß ist, dass nur sehr wenige von ihnen kein Gebäude enthalten. Als Alter in jeder der verfeinerten Altersklassen wählen wir das Mittlere⁷. Die Schätzung erfolgt wiederum unter Zuhilfenahme von Pukelsheims Methode.

Die Verfeinerung der Altersklassen wird folgendermaßen vorgenommen: es wird jeweils eine datenabhängige äquidistante Einteilung durchgeführt; im Anschluss müssen die Ränder korrigiert werden, da sie *nach* einer Datenaufteilung nach Alters- und Nutzungsklassen berechnet wurden.

Wir ersetzen die Ränder durch die von den Altersklassendefinitionen induzierten Ränder. Nicht alle am Rand liegenden Intervalle werden übrigens dadurch enger.

Die Altersklasse 1 erfährt eine gesonderte Behandlung:

Als linken Rand der Altersklasse 1 veranschlagen wir das Jahr 1600. Für Ettlingen war nämlich das Jahr 1689 ein einschneidendes Ereignis: Die Stadt wurde 1689 auf Grund des französischen Erbfolgekrieges fast vollständig abgebrannt. Es sind nur noch sehr wenige Gebäude aus der Zeit davor erhalten. Zwar sind darunter einige aus der Zeit des 16. Jahrhunderts und davor — das älteste Gebäude ist die St. Martinskirche aus dem Jahr 1479 — das älteste Stichprobengebäude hat jedoch das Baujahr 1670. Mit der Wahl von 1600 als linken Rand wird das mittlere Alter der ältesten verfeinerten Altersklasse vermutlich in der Nähe des tatsächlichen mittleren Alters der betreffenden realen Gebäude liegen.

Da im Jahr 1995 der Stadtturm (Schillerstr. 6) nach einer Standzeit von 407 Jahren wegen Baufälligkeit der Schleuse abgebrochen wurde, ergibt sich als Konsequenz für die geschätzte Überlebenswahrscheinlichkeit allerdings, dass sie nach einer Standzeit von 407 Jahren abrupt auf Null fällt. Da der Kaplan-Meier-Schätzer ohnehin am rechten Ende immer ungenauer wird (wegen der geringen Zahl noch verbleibender Datenpunkte), stellt dies kein Problem dar.

Altersklasse 1 (1600-1834):

linker Rand	1600	1680	1700	1720	1740	1760	1780	1800	1820
Mittelpunkt	1640	1690	1710	1730	1750	1770	1790	1810	1827
s	2	4	6	3	5	8	10	5	2
n	0	1	0	1	2	4	2	2	7

Altersklasse 2 (1835-1870):

linker Rand	1835	1840	1845	1850	1855	1860	1865
Mittelpunkt	1837.5	1842.5	1847.5	1852.5	1857.5	1862.5	1867.5
s	6	3	0	2	1	5	1
n	12	8	4	2	1	5	4

Altersklasse 3 (1871-1918), Wohngebäude:

linker Rand	1871	1880	1885	1890	1895	1900	1905	1910
Mittelpunkt	1875.5	1882.5	1887.5	1892.5	1897.5	1902.5	1907.5	1914
s	11	3	6	10	26	27	9	28

⁷Der Grund, weshalb wir nicht einfach die Häufigkeiten der Baujahre aus der Stichprobe schätzen, ist der, dass diese *hierfür* nicht hinreichend groß ist: für festes Baujahr X finden sich nur recht wenige Gebäude in der Stichprobe mit Baujahr X . Die Wahrscheinlichkeit, annähernd den korrekten Prozentsatz aller Gebäude mit Baujahr X schon in der Stichprobe anzutreffen, ist somit recht gering (besonders wenn es kein Gebäude in der Stichprobe mit Baujahr X gibt).

Altersklasse 3 (1871-1918), Nichtwohngebäude:

linker Rand	1871	1875	1880	1885	1890	1895	1900	1905	1910	1915
Mittelpunkt	1873	1877.5	1882.5	1887.5	1892.5	1897.5	1902.5	1907.5	1912.5	1916.5
n	4	3	10	21	15	28	15	12	32	2

Altersklasse 4 (1919-1933), Wohngebäude:

linker Rand	1919	1922	1924	1926	1928	1930	1932
Mittelpunkt	1920.5	1923	1925	1927	1929	1931	1932.5
s	17	4	10	14	14	4	3

Altersklasse 4 (1919-1933), Nichtwohngebäude:

linker Rand	1919	1920	1922	1924	1926	1928	1930	1932
Mittelpunkt	1919.5	1921	1923	1925	1927	1929	1931	1932.5
n	3	7	6	4	3	6	2	2

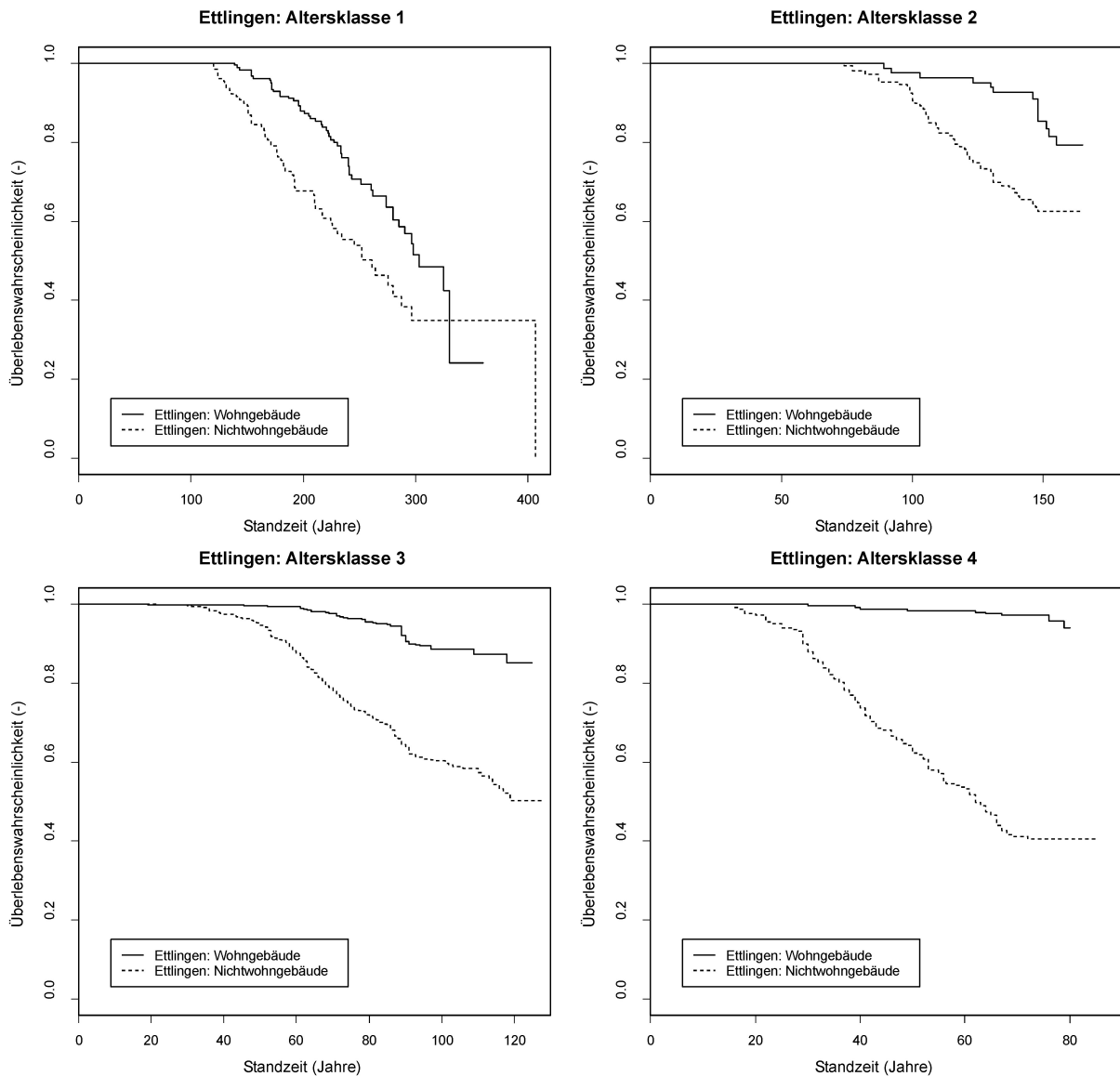


Abbildung 2: Gesamtübersicht der Überlebenswahrscheinlichkeiten der Altersklassen 1 bis 4.

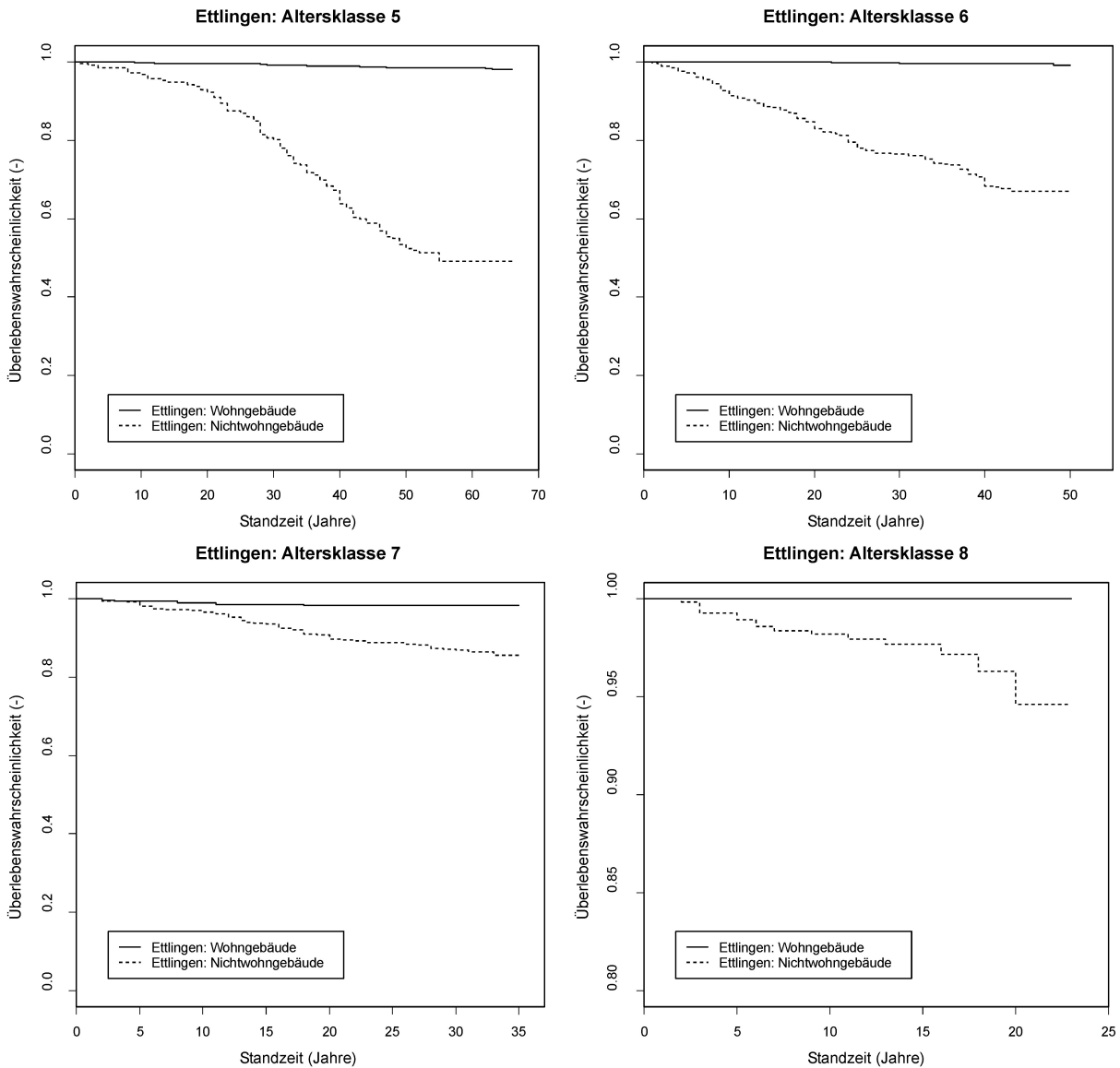


Abbildung 3: Gesamtübersicht der Überlebenswahrscheinlichkeiten der Altersklassen 5 bis 8.

Altersklasse 5 (1934-1949):

linker Rand	1934	1936	1938	1940	1942	1944	1946	1948
Mittelpunkt	1935	1937	1939	1941	1943	1945	1947	1948.5
s	83	30	5	0	2	0	1	6
n	4	10	8	1	2	0	2	14

Altersklasse 6 (1950-1964), Wohngebäude:

linker Rand	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958
Mittelpunkt	1950.5	1951.5	1952.5	1953.5	1954.5	1955.5	1956.5	1957.5	1958.5
s	40	15	17	18	21	15	21	15	15
	1959	1960	1961	1962	1963				
	1959.5	1960.5	1961.5	1962.5	1963.5				
	18	30	30	11	16				

Altersklasse 6 (1950-1964), Nichtwohngebäude:

linker Rand	1950	1952	1954	1956	1958	1960	1962
Mittelpunkt	1951	1953	1955	1957	1959	1961	1963
n	26	8	20	17	13	16	29

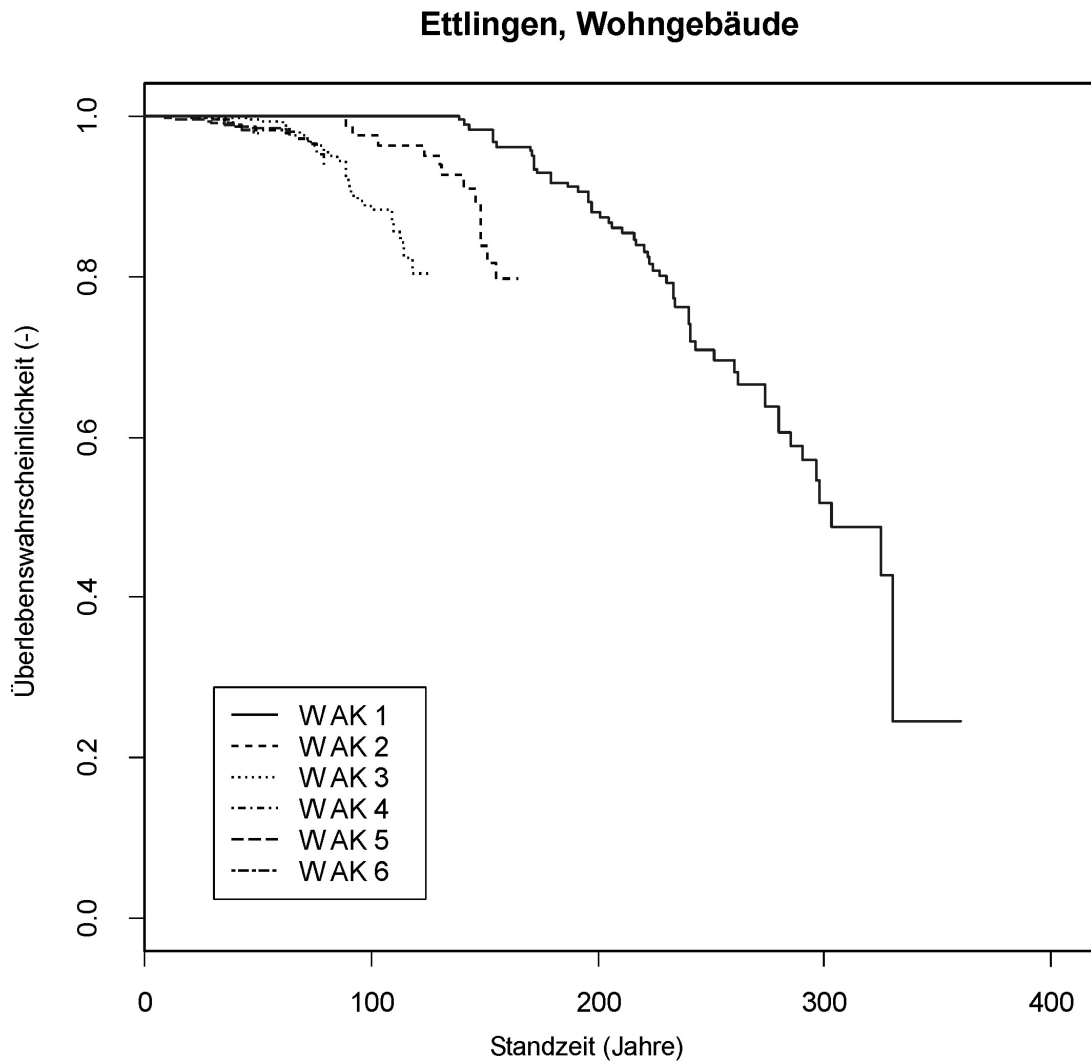


Abbildung 4: Überlebenswahrscheinlichkeiten von Wohngebäuden nach Altersklassen.

Altersklasse 7 (1965-1976):

linker Rand	1965	1966	1967	1968	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Mittelpunkt	1965.5	1966.5	1967.5	1968.5	1969.5	1970.5	1971.5	1972.5	1973.5	1974.5	1975.5
s	33	2	6	5	5	21	11	13	7	4	7
n	51	17	9	14	28	12	18	12	11	13	3

Altersklasse 8 (1977-1994):

linker Rand	1977	1978	1980	1982	1984	1986	1988	1990	1992
Mittelpunkt	1977.5	1979	1981	1983	1985	1987	1989	1991	1993
s	4	21	23	18	11	18	11	20	13
n	9	13	23	29	33	30	30	14	27

Altersklasse 9 (1995-2000):

linker Rand	1995	1996	1997	1998	1999
Mittelpunkt	1995.5	1996.5	1997.5	1998.5	1999.5
s	3	2	0	0	2
n	7	1	1	0	3

Mit Pukelsheim [P93] ergibt sich die Schätzung der Rechtszensur gemäß Tabelle 7. Genaueres steht in $[\beta]$, Abschnitt D)

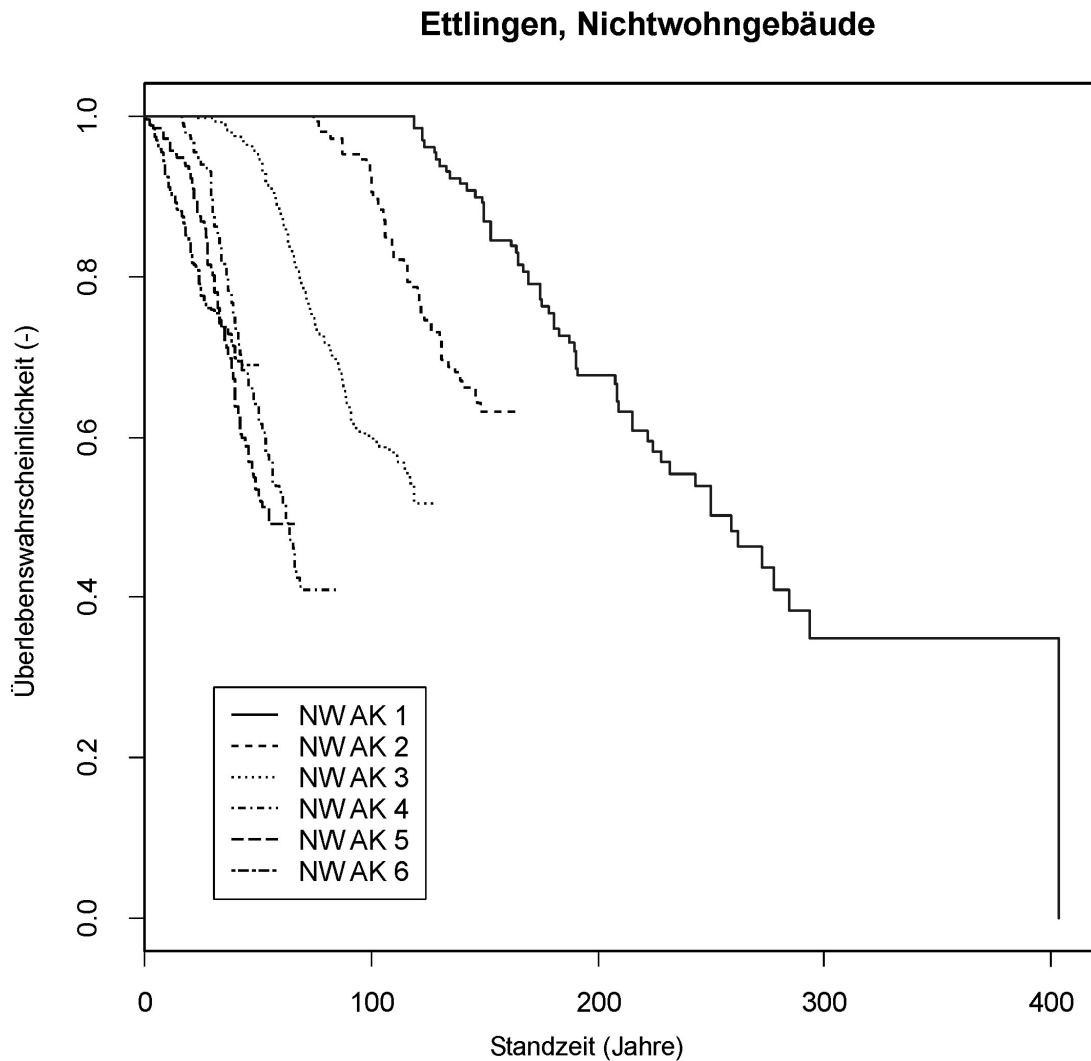


Abbildung 5: Überlebenswahrscheinlichkeiten von Nichtwohngebäuden nach Altersklassen.

4.5 Überlebenswahrscheinlichkeiten Ettlinger Gebäude

4.5.1 Die Abbrüche zwischen 1995 und 2000

Im Gegensatz zur Feuerversicherung haben die Daten im Bauordnungsamt nicht alle gewünschten Informationen. Da der Bestand von 1994 unbekannt ist (es ist momentan keine Karte vorhanden), wurde mit den gefundenen 47 Abbruchgenehmigungen der betroffenen Adressen folgendermaßen umgegangen:

1. Alle genehmigten Abbrüche werden als vollzogen betrachtet, und zwar im Jahr der Genehmigungserteilung.
2. Bei Gebäuden ohne Baujahr wurde in der betreffenden Adresse der Gebäudebestand von 1994 im Feuerversicherungsarchiv ermittelt und das mittlere Baujahr der Gebäude mit der selben Nutzung als geschätztes Baujahr verwendet. Bei Fehlen einer Nutzungsangabe wurden dafür alle Gebäude der Adresse genommen.
3. Bei Adressen mit dem Vermerk „Abbruch von Gebäuden“ (Fehlen der Angabe der Vielfachheit) wurde die Anzahl der abgebrochenen Gebäude mit Eins geschätzt.

nucens\AK	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	50	7	35	7	7	5	7	0	0
2	2	2	2	1	2	3	0	0	0
3	52	41	246	131	109	141	59	13	0
8	1	0	0	1	0	2	1	0	0
9	0	1	4	6	18	38	28	4	0

Tabelle 8: Altersverteilung der Abbrüche 1936-1994 nach *nucens*.

nanb\AK	1	2	3	4	5	6	7	8
0-0	2	0	3	0	0	1	4	0
0-1	6	1	0	1	0	0	0	0
0-3	1	0	1	0	0	5	2	0
1-1	2	0	2	2	2	0	0	0
3-0	0	0	0	0	0	0	1	0
3-3	2	1	0	1	0	4	1	2
9-9	0	0	0	0	0	1	5	0

Tabelle 9: Altersverteilung der Abbrüche 1995-2000 nach Nutzungsverhalten (*nanb*).

- Den Gebäuden mit identischer Nutzungsangabe im Baujahr und Abbruchjahr wurde konstante Nutzung unterstellt.
- Bei Fehlen einer Nutzungsangabe im Bau- oder Abbruchjahr wurde eine konstante Nichtwohnnutzung unterstellt, falls keine Wohnnutzung angegeben wurde. Andernfalls wurde mit konstanter Wohnnutzung gerechnet.

Weiter treffen wir die folgende Annahme:

- Die Gesamtanzahl der Gebäude im ALK 2000 unterschätzt den wahren Gebäudebestand.

Dieses Vorgehen rechtfertigen wir damit, dass so die tatsächlich zwischen 1995 und 2000 abgebrochenen Gebäude auf eine Weise unterschätzt wird, die in etwa das Unterschätzen der tatsächlichen Gebäudeanzahl im Jahr 2000 kompensieren soll. Die Altersklassenverteilung der Abbrüche 1936-1994 (*quality = a*) ist in Tabelle 8 beschrieben. Demgegenüber steht die Altersklassenverteilung der Abbrüche 1995-2000 in Tabelle 9. Dabei bedeutet für die Variable *nanb* im Ausdruck *i-j* die erste Stelle *i* den Wert von *nucens* zum Zeitpunkt des Abbruchs und die zweite Stelle *j* den Wert zum Zeitpunkt des Baus. Wir sehen, dass die Zeilen 1-1 und 3-3 weniger als die Hälfte der Abbrüche 1995-2000 ausmacht.

nucens\AK	1	2	3	4	5	6	7	8
1	8	1	2	3	2	0	0	0
3	5	1	4	1	0	10	8	2

Tabelle 10: Altersverteilung der Abbrüche 1995-2000 gemäß Vereinbarungen.

Mit den getroffenen Vereinbarungen ergibt sich Tabelle 10. Vermutlich wird die Anzahl der Abbrüche von Nichtwohngebäuden vermutlich immer noch stark unterschätzt. Dafür erhoffen wir uns eine Kompensation der Unterschätzung des Gebäudebestands durch das ALK 2000.

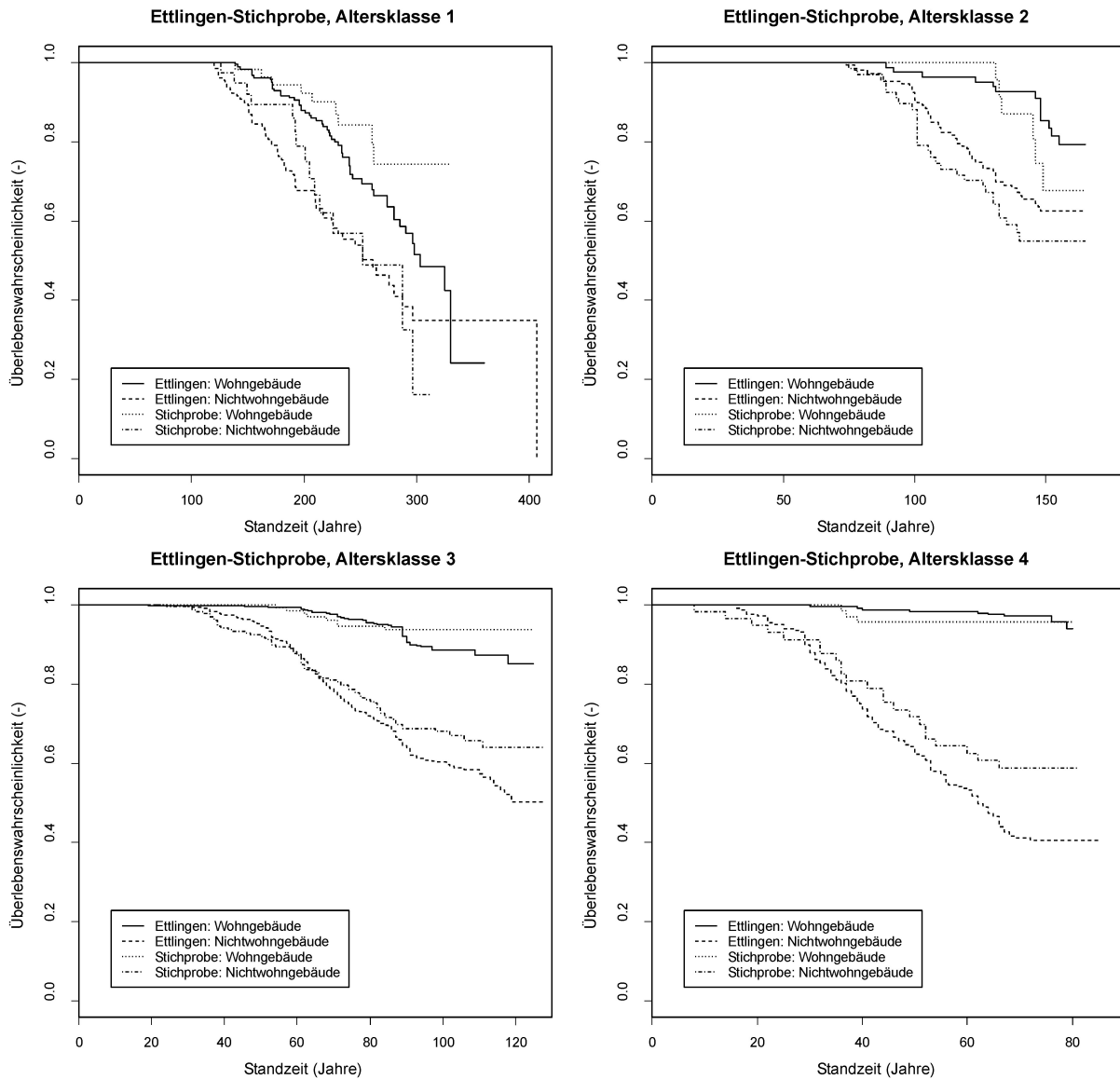


Abbildung 6: Übersicht zum Vergleich Stichprobe vs. Totalerhebung, Altersklassen 1-4.

4.5.2 Altersklassen der Wohn- und Nichtwohngebäude

Wir zeigen in den Abbildungen 2 und 3 jeweils Wohn- und Nichtwohngebäude einer Altersklasse zusammen. Es sei nochmals hervorgehoben, dass die recht langen Standzeiten mit Überlebenswahrscheinlichkeit Eins der ersten 4 Altersklassen rein auf Grund der Datenlage zu Stande kommen. Es handelt sich hierbei um das Phänomen der *Linksabschneidung* der Gebäude, die vor 1936 abgebrochen wurden — diese fanden naturgemäß keinen Eingang in die Feuerversicherung.

Diese Ergebnisse legen folgendes nahe:

Vermutung 1: *Wohngebäude haben eine höhere Überlebenswahrscheinlichkeit als gleichaltrige Nichtwohngebäude.*

Diese Vermutung (oder deren Widerlegung) ist in den nachfolgenden Forschungstätigkeiten zu testen.

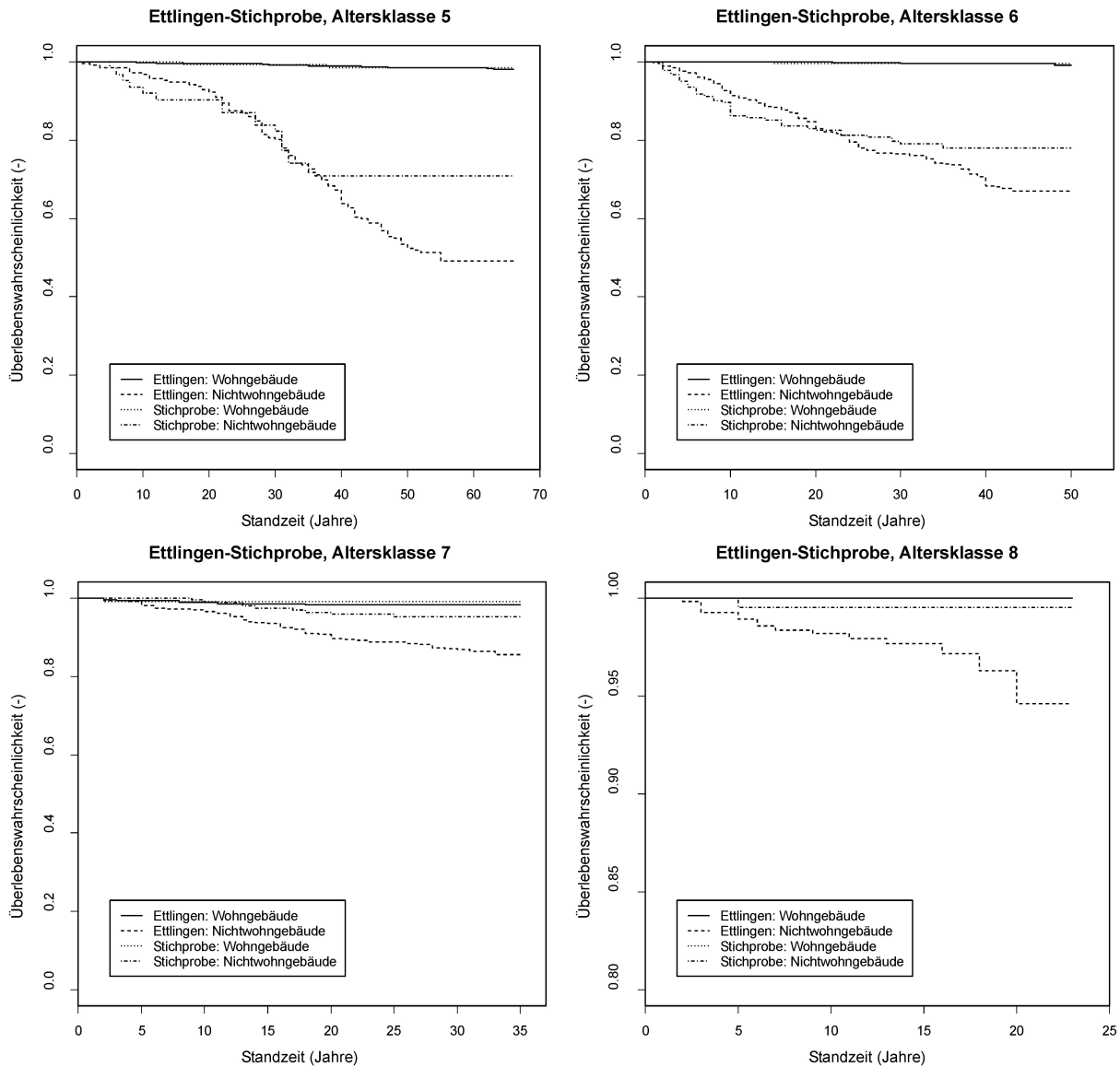


Abbildung 7: Übersicht zum Vergleich Stichprobe vs. Totalerhebung, Altersklassen 5-8.

In den Abbildungen 4 und 5 sind nochmals die ersten sechs Altersklassen der Wohngebäude und der Nichtwohngebäude jeweils auf einem Blick.

Vermutung 2: Die Anfangsstücke der ersten ca. 100 Jahre der Überlebenswahrscheinlichkeiten von Wohngebäuden aller Altersklassen stimmen überein.

Hierzu ist neben den üblichen Tests in der nachfolgenden Forschungsarbeit die Linksabschneidung in den Altersklassen 1 bis 4 miteinzubeziehen.

Frage 1: Gilt Vermutung 2 auch für Nichtwohngebäude?

Hierzu sagt Abbildung 5 nicht viel.

4.5.3 Vergleich mit der Stichprobe

Adressen, die Stichprobengebäude enthalten, wurden (bis auf Garagen) komplett erhoben und enthalten daher Abbrüche. Wir legen in den Abbildungen 6 und 7 die zugehörigen geschätzten Überlebenswahrscheinlichkeiten über die des vorangegangenen Unterabschnitts und sehen im Nachhinein, dass Stichprobe zwar schon auch auf Vermutung 1 hindeutet, aber die Vollerhebung eine stärkere Glättung aufweist. Für weitergehende Fragestellungen ist die Stichprobe jedenfalls nicht mehr ausreichend.

4.5.4 Die Pforzheimer Straße 134

Die Daten aus den Einschätzungsverzeichnissen und den Lageplänen der Pforzheimer Straße 134 wurden angeglichen. Außerdem wurde aus den beigelegten Lageplänen, in die Veränderungen einbeschrieben waren, Jahresschnitte erstellt. Abbildung 8 gibt die Rekonstruktion des Bestandes von 1950 laut Akten der Feuerversicherung wieder.

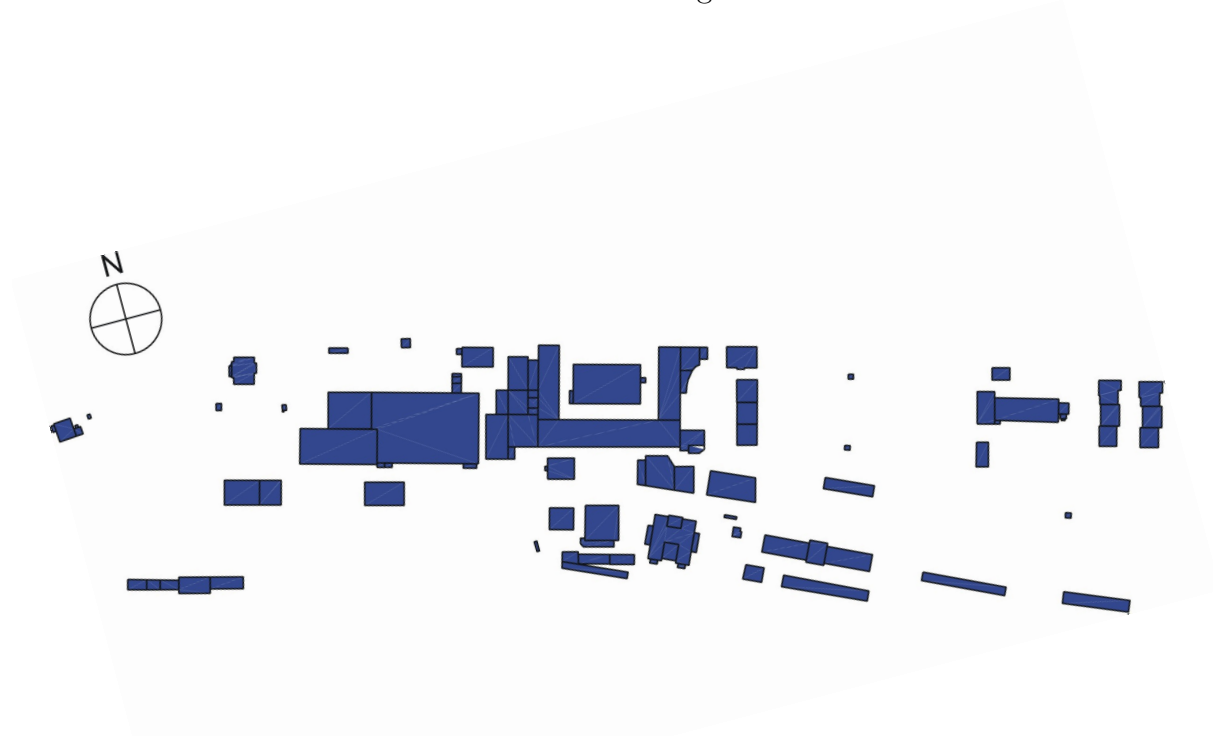


Abbildung 8: Rekonstruktion des Bestandes der Pforzheimer Straße 134 im Jahr 1950.

Im Unterschied zum (rekonstruierten) Lageplan desselben Jahres ist hier ein Gebäude nicht aufgeführt, das laut Einschätzungsverzeichnissen schon 1939 abgebrochen wurde. Von einem Gebäude weicht die Grundrissform vom Lageplan ab, da dort eine bauliche Veränderung nicht eingezeichnet ist. Schließlich gibt es ein paar Gebäude im Lageplan, die in keinem Einschätzungsverzeichnis erwähnt werden.

Im Jahr 1937, dem Jahr der allgemeinen Nachprüfung, stimmen beide Pläne noch überein. Ein weiterer genereller, aber unwesentlicher, Unterschied ist die Orientierung, die an das ALK angepasst wurde.

Abbildung 9 gibt die Überlebenswahrscheinlichkeiten der Altersklasse 2 auf einem Blick wieder.

Die Überlebenswahrscheinlichkeiten nach Nutzung finden wir in Abbildung 10.

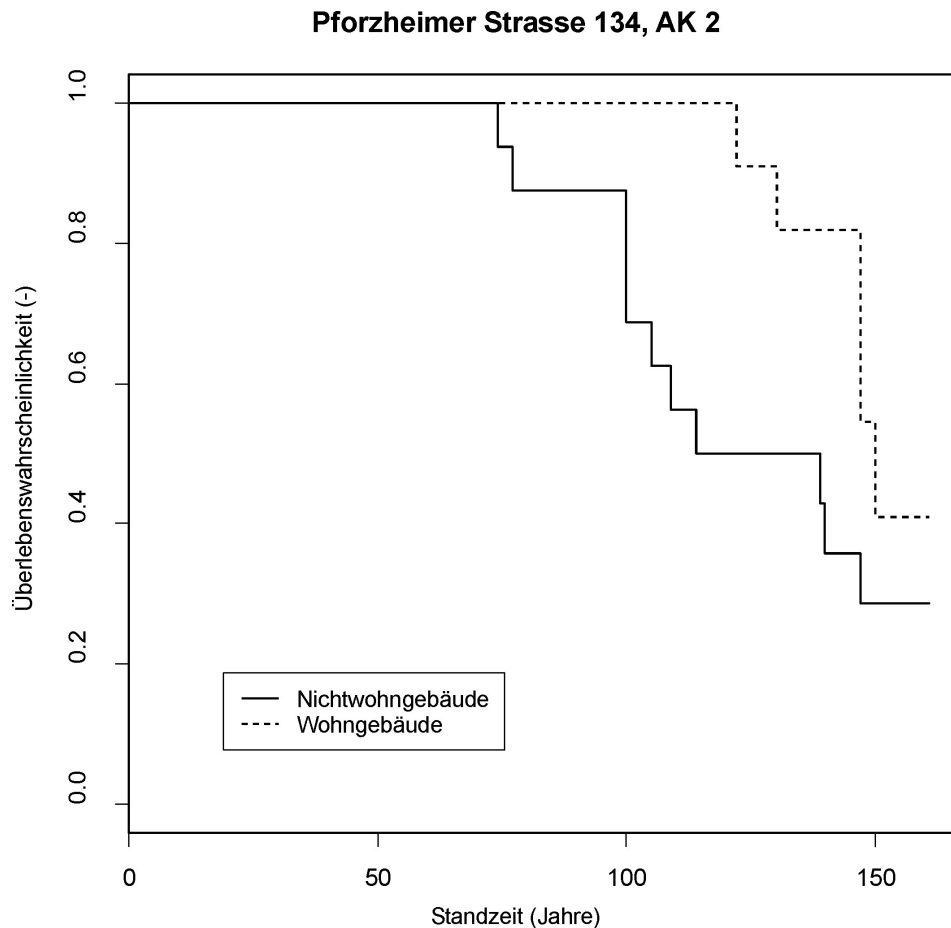


Abbildung 9: Überlebenswahrscheinlichkeiten der Altersklasse 2, Pforzheimer Straße 134.

Eine Überlagerung der Überlebenswahrscheinlichkeiten des Teilbestands Pforzheimer Straße 134 mit denen von Ettlingen zeigen die Abbildungen 11 und 12.

5 Was in der Zukunft noch zu tun ist

Es folgt, auf den Ergebnissen des Projekts aufbauend, eine Liste von Aufgaben und Fragestellungen.

1. Nichtwohngebäude scheinen eine geringere Überlebenswahrscheinlichkeit zu haben als Wohngebäude. Weise dies statistisch nach, bzw. finde Bedingungen, unter denen dies statistisch gilt.
2. Gibt es statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Altersklassen?
3. Sind Wohngebäude in Industriegebieten abbruchgefährdeter als Wohngebäude in Wohngebieten?
4. Finde passende parametrische Überlebensfunktionen und fitte sie auf Grund der Daten.
5. Finde alle Risikofaktoren heraus. Mögliche könnten sein: Kernstadt, Autobahnnähe, baulicher Zustand, Leerstand, Umnutzungen, gewisse Nutzarten, Materialarten, Häufigkeit

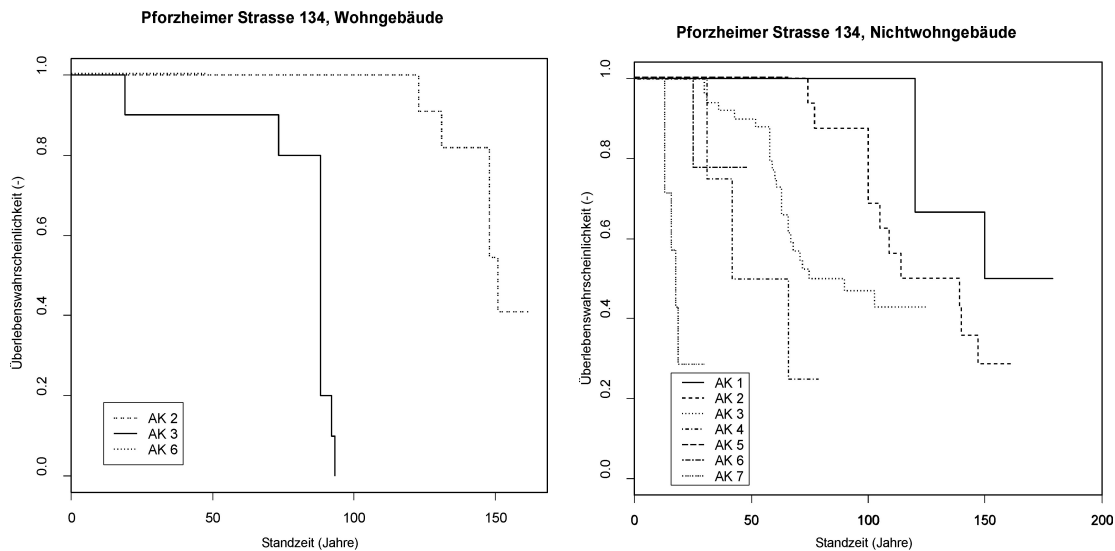


Abbildung 10: Überlebenswahrscheinlichkeiten Pforzheimer Straße 134 nach Nutzung.

baulicher Maßnahmen, Topographie, usw. Für manche der möglichen Faktoren gibt es allerdings das Problem der Datengewinnung (z.B. Leerstand).

6. Baue ein stochastisches Modell für die möglichen Zustände, in die ein Gebäude seit Neubau springen kann und bei dem Abbruch oder höhere Gewalt die einzig möglichen Endzustände sind.
7. Von den Akten der FVS, die Abbrüche enthalten, wurden jeweils alle Pläne kopiert. Identifiziere daher in den historischen Karten etc. die betreffenden Gebäude und Flurstücksumrisse, soweit möglich.
8. Gehe das Problem der Linksabschneidung in den ersten vier Altersklassen an.

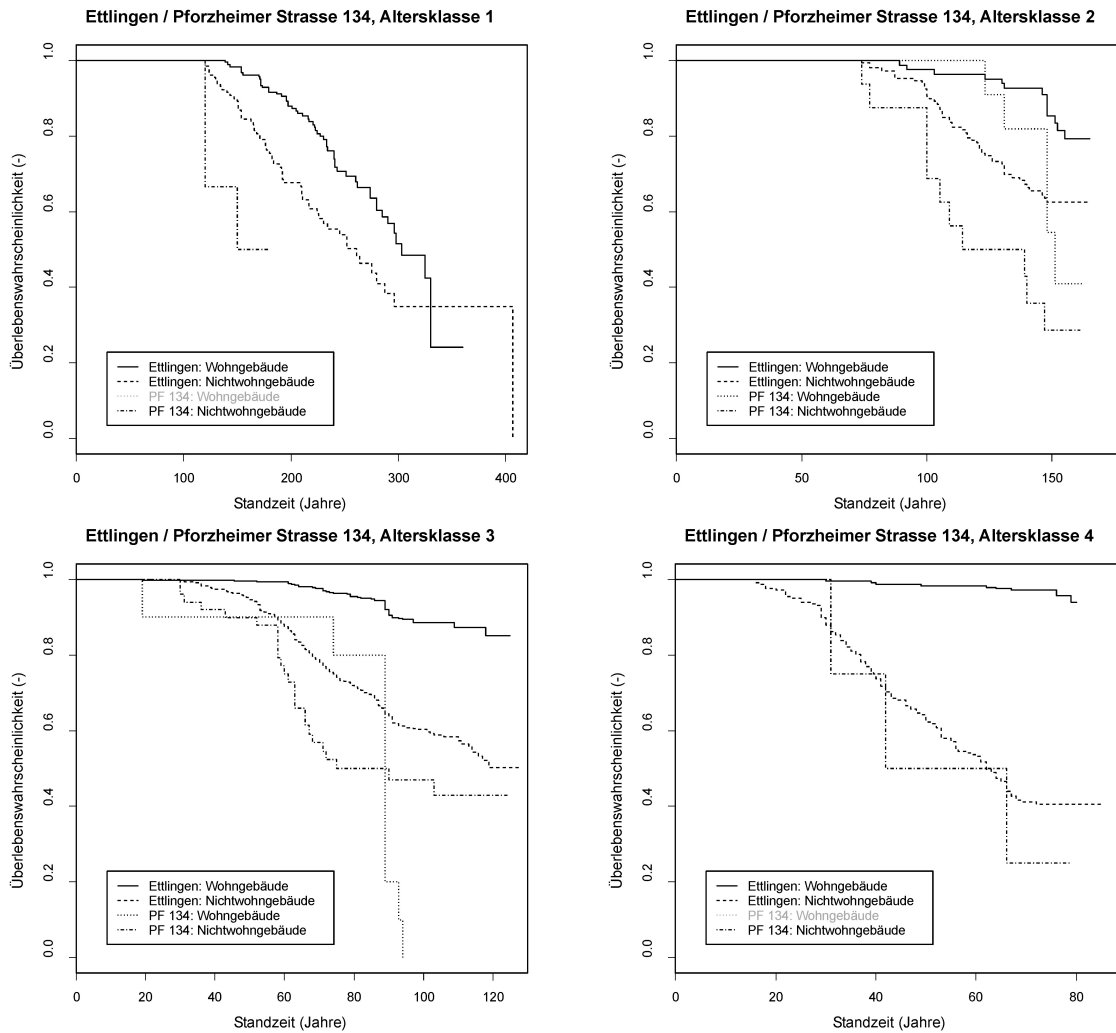


Abbildung 11: Übersicht zum Vergleich Pforzheimer Straße 134 vs. Totalerhebung, Altersklassen 1-4.

A Pukelsheims Methode

Wird eine zufällige Stichprobe verwendet, um die Kardinalitäten von Teilmengen X_i einer Partition $X = \dot{\bigcup} X_i$ einer endlichen Menge X mit bekannter Mächtigkeit N zu schätzen, so ergibt das naive Multiplizieren der prozentualen Anteile der X_i mit N in der Regel nicht natürliche rationale Zahlen als Kardinalität von X_i , was nicht sein kann. Rundung hilft nicht weiter, da meistens die Summe der gerundeten Schätzungen für $\#X_i$ nicht die Gesamtzahl $\#X$ ergibt. Pukelsheim beschreibt in [P93, Chapter 12] eine Methode, wie dieses Problem gelöst werden kann. Wir skizzieren sie hier kurz.

Seien x_1, \dots, x_ℓ Ausprägungen eines Merkmals x und habe eine Stichprobe des Umfangs n eines Grundraums X der Mächtigkeit N folgende relative Häufigkeiten:

$$\begin{array}{c|ccc|c} x_1 & \dots & & x_\ell \\ \hline w_1 & \dots & & w_\ell \end{array}$$

Dabei seien die w_i alle positiv mit Summe Eins.

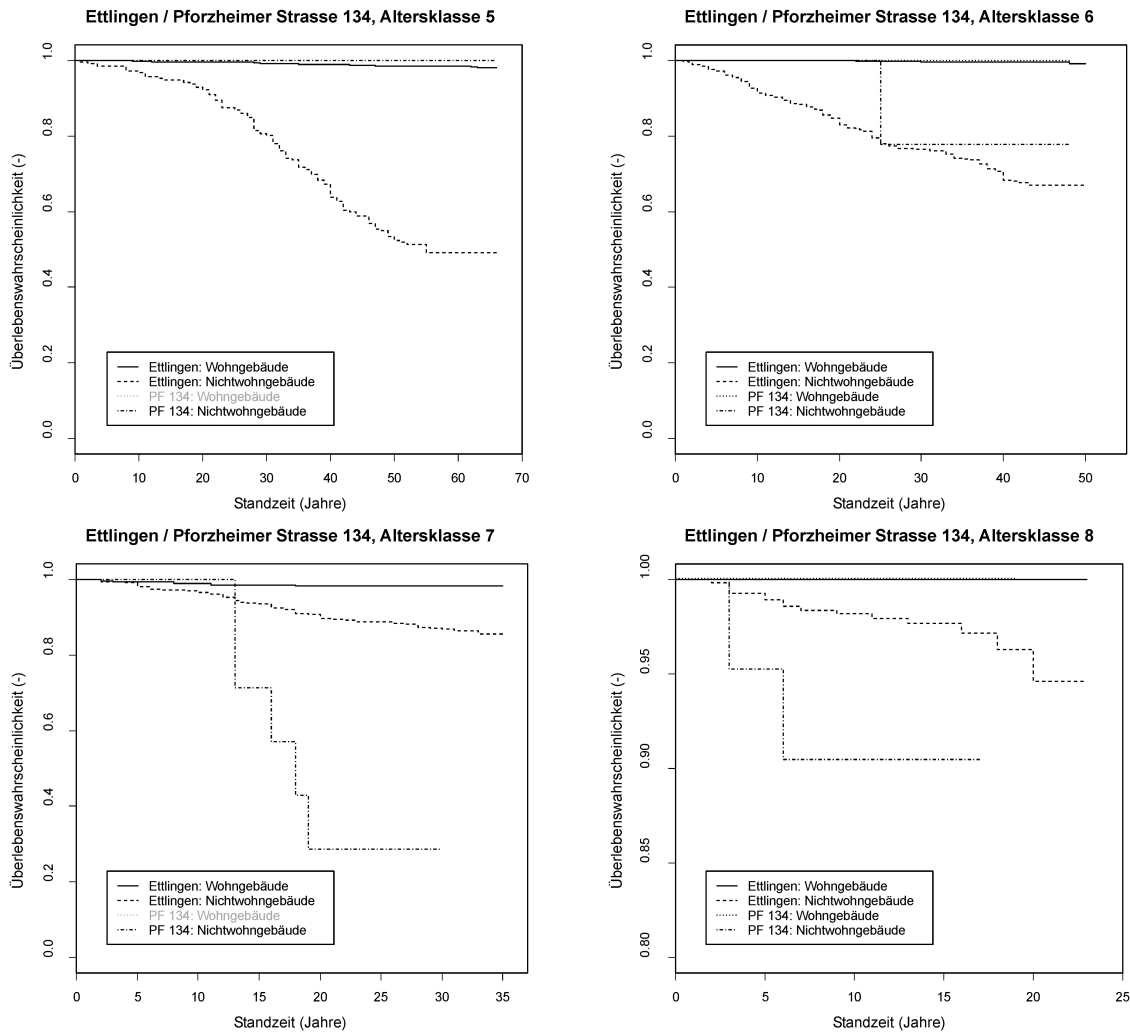


Abbildung 12: Übersicht zum Vergleich Pforzheimer Straße 134 vs. Totalerhebung, Altersklassen 5-8.

Der Algorithmus läuft so ab:

Multipliziere mit $n - \frac{\ell}{2}$ und erhalte Häufigkeiten

$$n_i = \left[\left(n - \frac{\ell}{2} \right) w_i \right].$$

Falls $d := \left(\sum_{i=1}^{\ell} n_i \right) - n = 0$ ist, so sind wir fertig.

Falls $d < 0$ ist, so sei j mit

$$\frac{n_j}{w_j} = \min_{i \leq \ell} \frac{n_i}{w_i}$$

und erhöhe n_j um Eins.

Falls $d > 0$ ist, sei k mit

$$\frac{n_k - 1}{w_k} = \max_{i \leq \ell} \frac{n_i - 1}{w_i}$$

und erniedrige n_k um Eins.

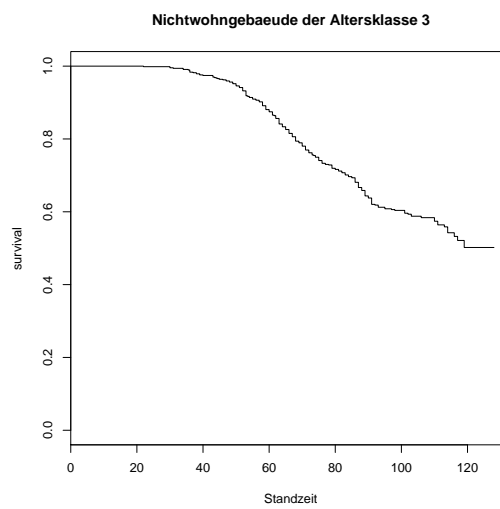
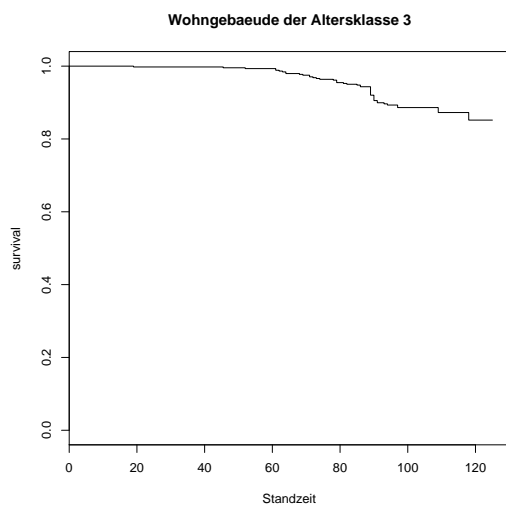
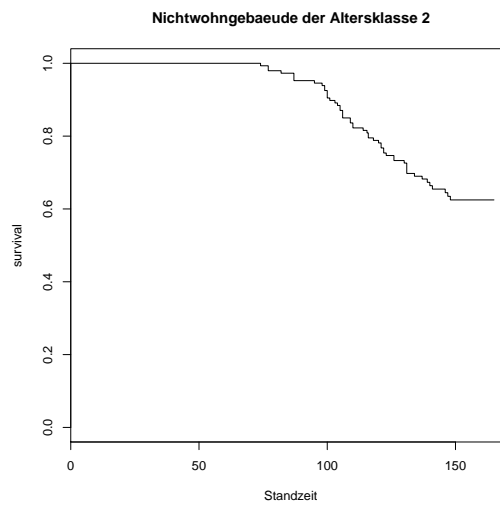
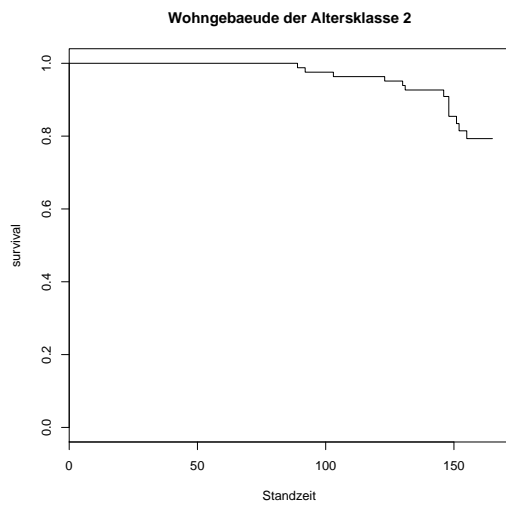
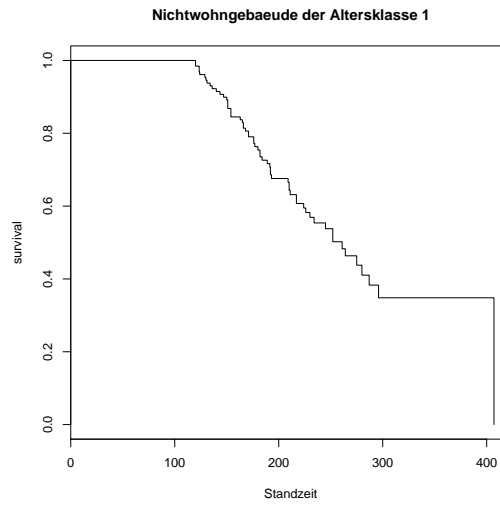
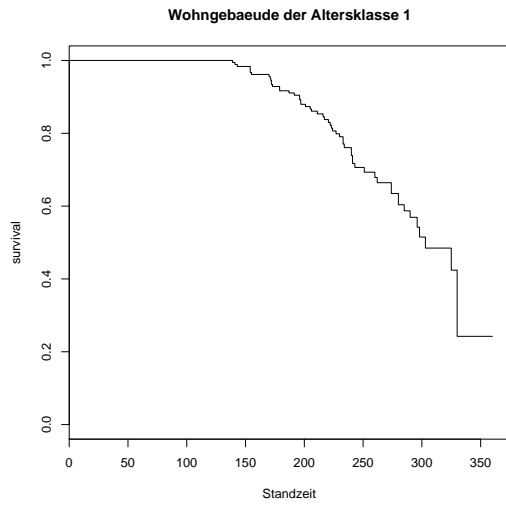
Berechne mit den neuen Werten von n_i das d und verfähre wieder wie eben, und zwar solange bis $d = 0$ erreicht ist. Dann ist

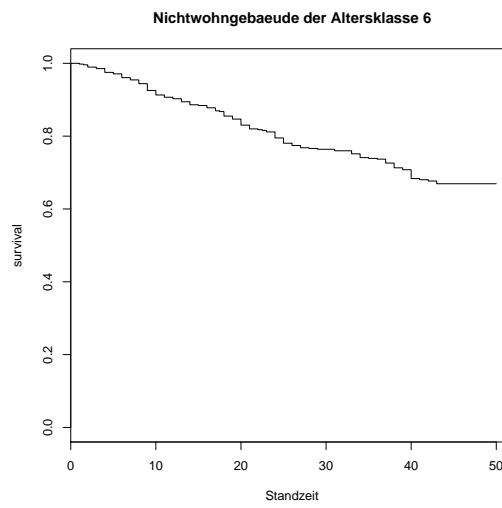
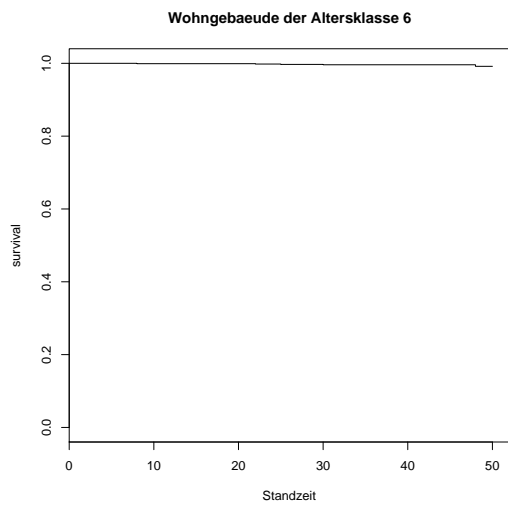
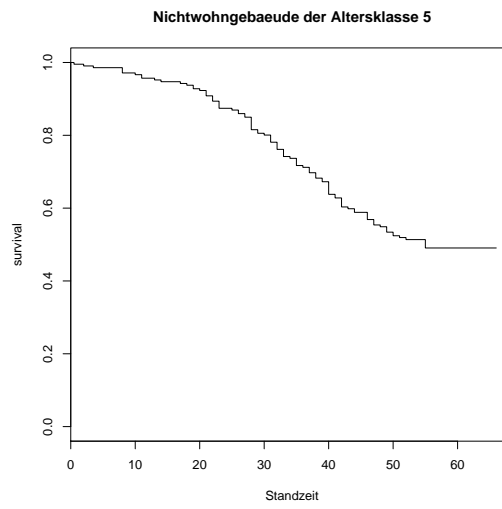
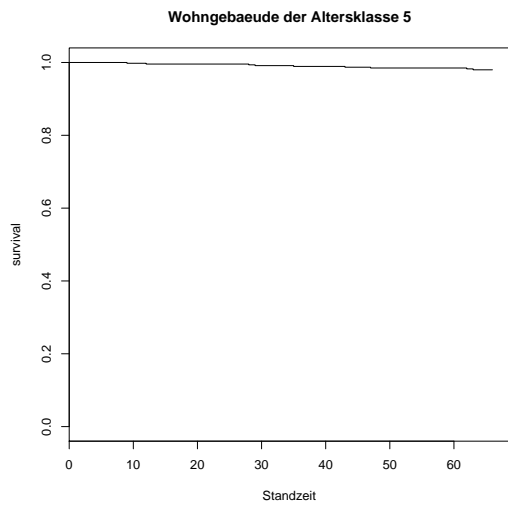
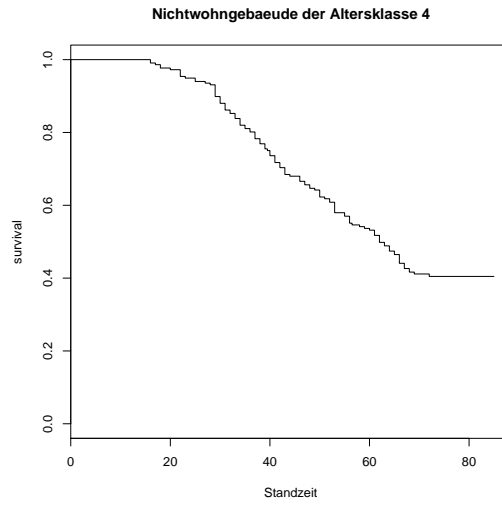
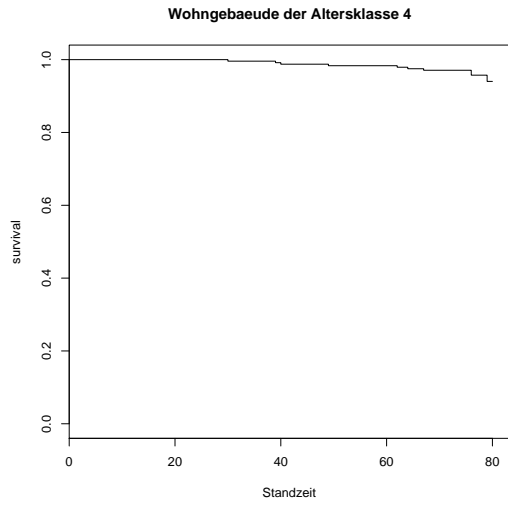
$$N = \sum_{i=1}^{\ell} n_i$$

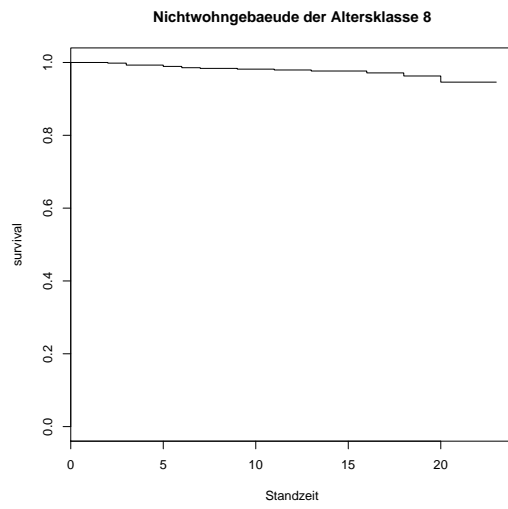
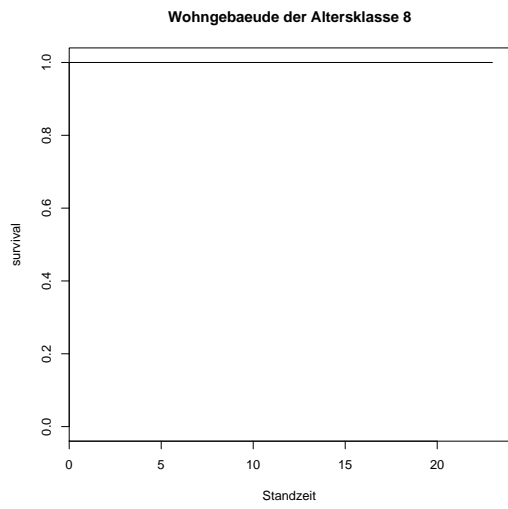
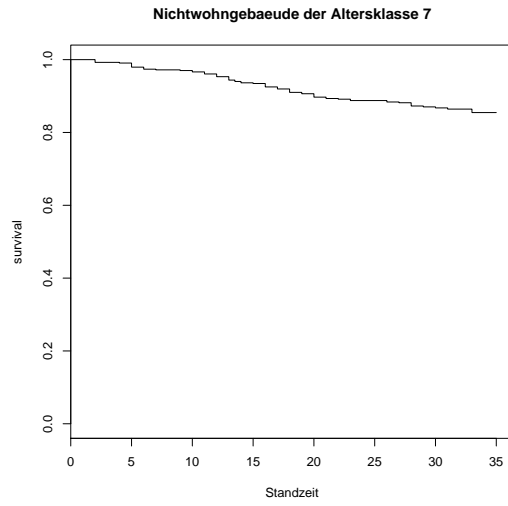
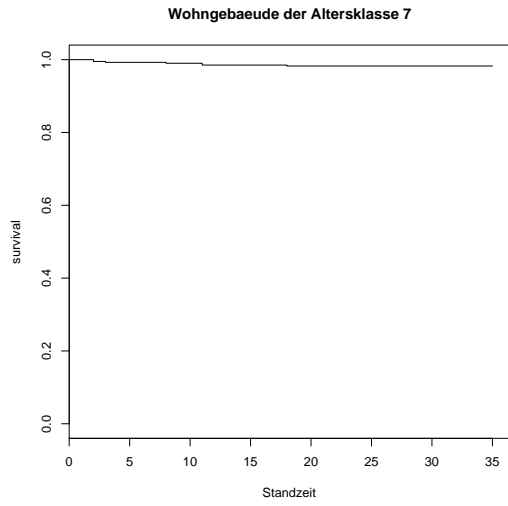
die gewünschte Partition.

B Überlebenswahrscheinlichkeiten

B.1 Ettlingen Kernstadt

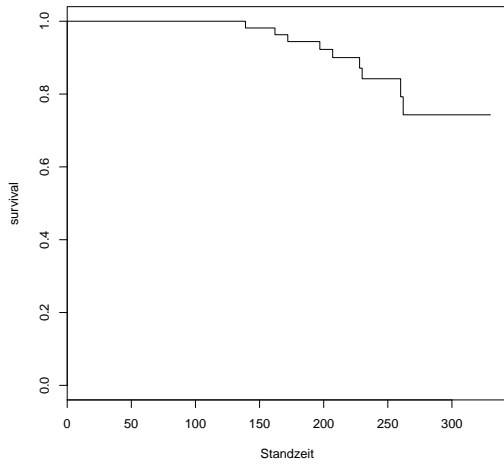




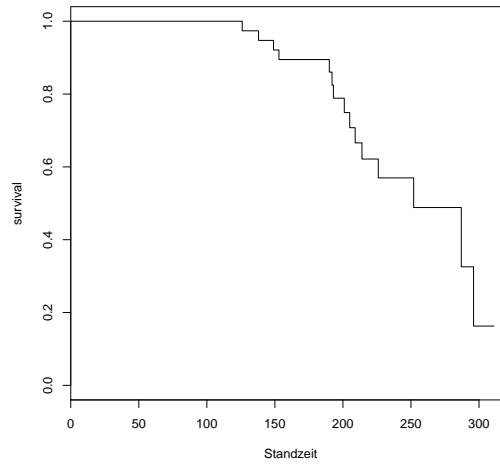


B.2 Die Stichprobe

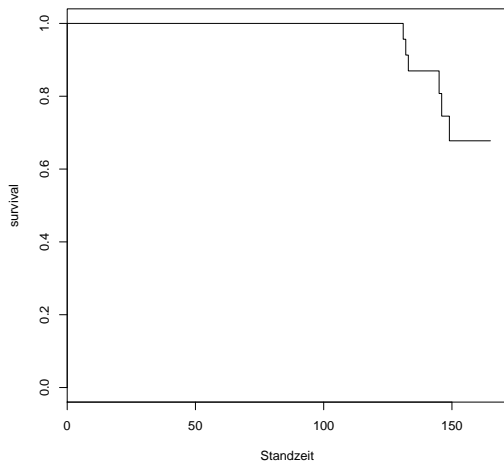
Stichprobe mit Abbruechen: Wohngebäude der Altersklasse 1



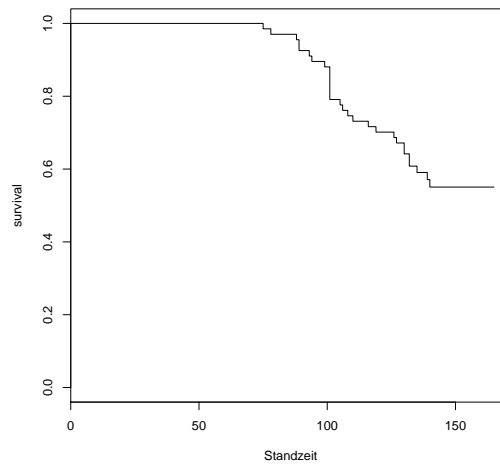
Stichprobe mit Abbruechen: Nichtwohngebäude AK 1



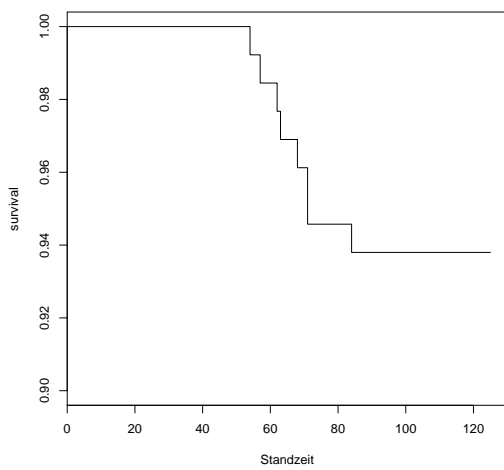
Stichprobe mit Abbruechen: Wohngebäude der Altersklasse 2



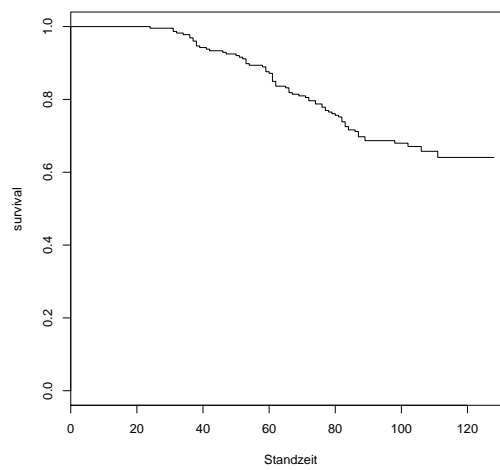
Stichprobe mit Abbruechen: Nichtwohngebäude AK 2



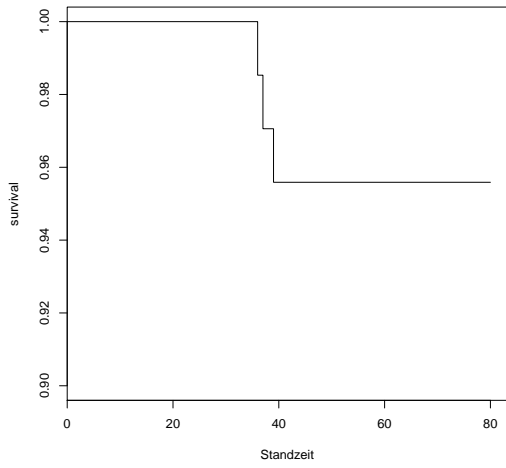
Stichprobe mit Abbruechen: Wohngebäude der Altersklasse 3



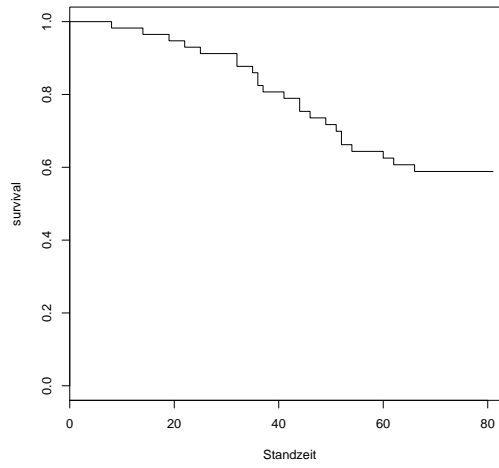
Stichprobe mit Abbruechen: Nichtwohngebäude AK 3



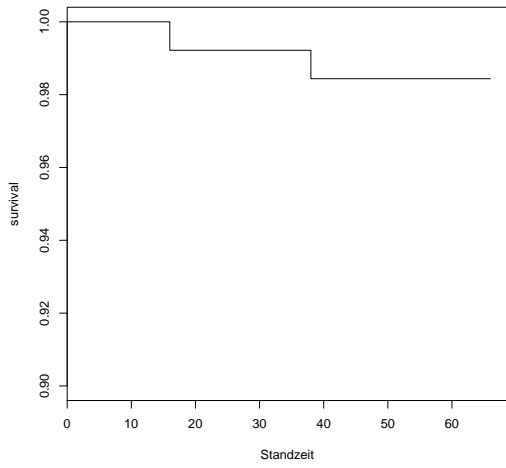
Stichprobe mit Abbruechen: Wohngebäude der Altersklasse 4



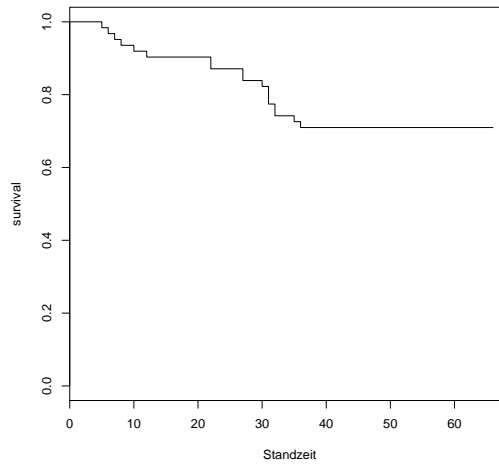
Stichprobe mit Abbruechen: Nichtwohngebäude AK 4



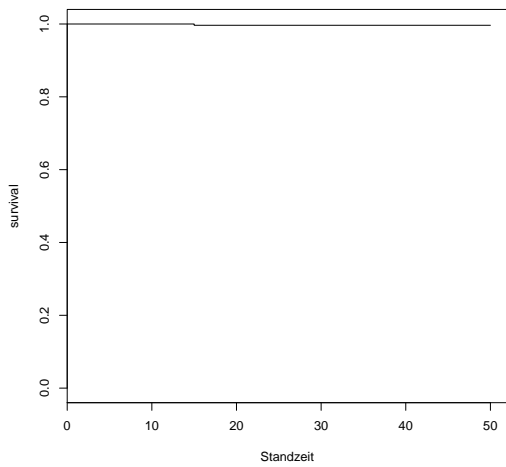
Stichprobe mit Abbruechen: Wohngebäude der Altersklasse 5



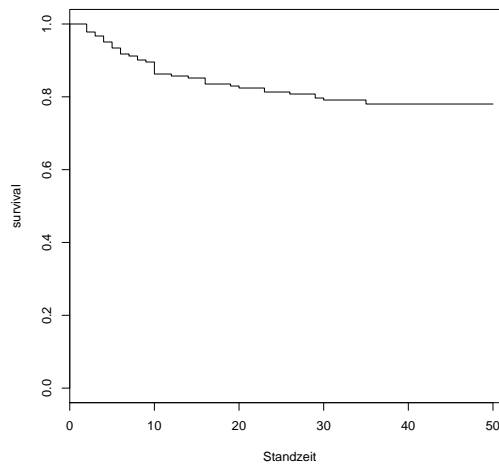
Stichprobe mit Abbruechen: Nichtwohngebäude AK 5



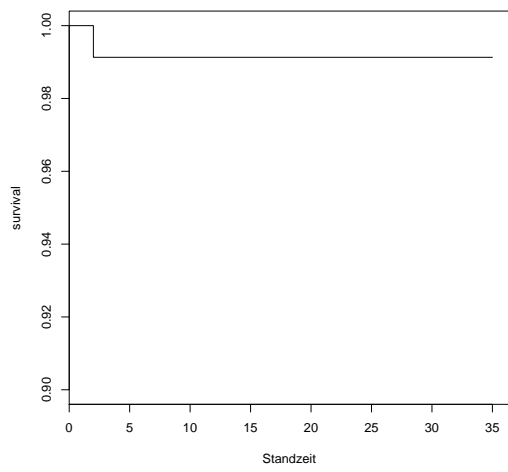
Stichprobe mit Abbruechen: Wohngebäude der Altersklasse 6



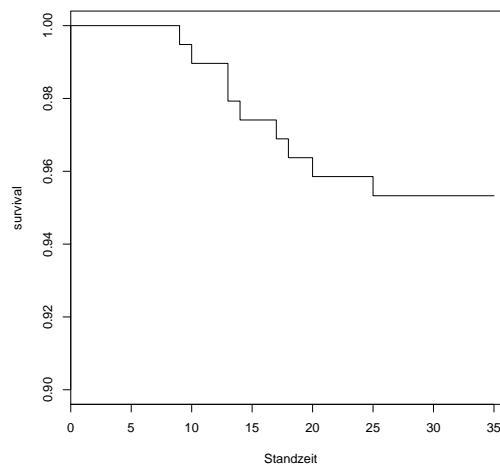
Stichprobe mit Abbruechen: Nichtwohngebäude AK 6



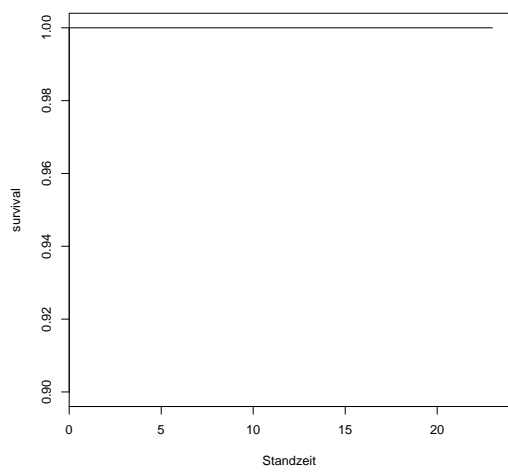
Stichprobe mit Abbruechen: Wohngebäude der Altersklasse 7



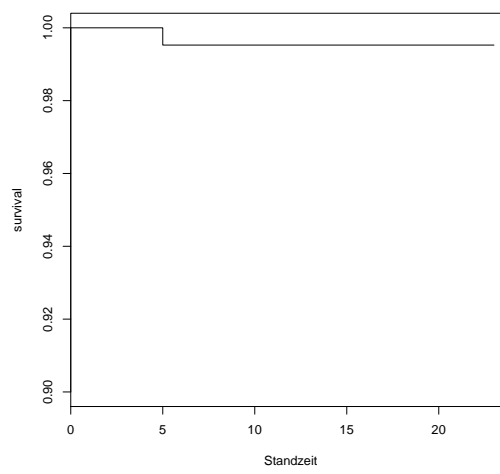
Stichprobe mit Abbruechen: Nichtwohngebäude AK 7



Stichprobe mit Abbruechen: Wohngebäude der Altersklasse 8

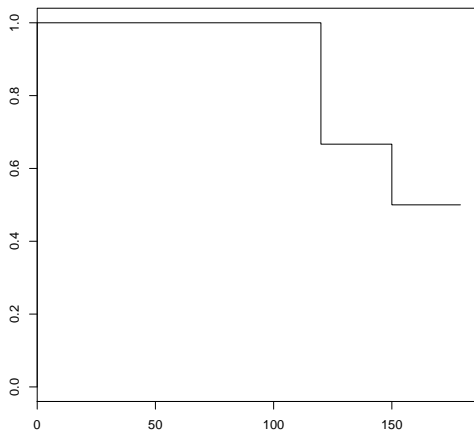


Stichprobe mit Abbruechen: Nichtwohngebäude AK 8

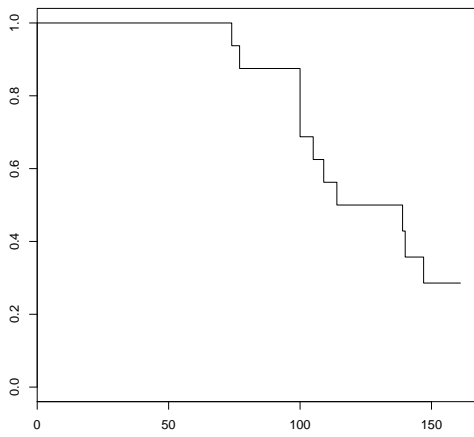


B.3 Die Pforzheimer Straße 134

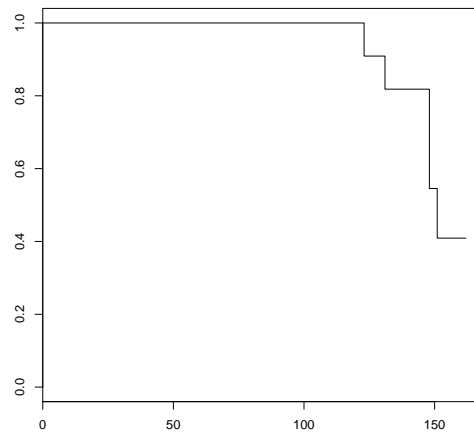
PF 134, AK 1, Nichtwohn



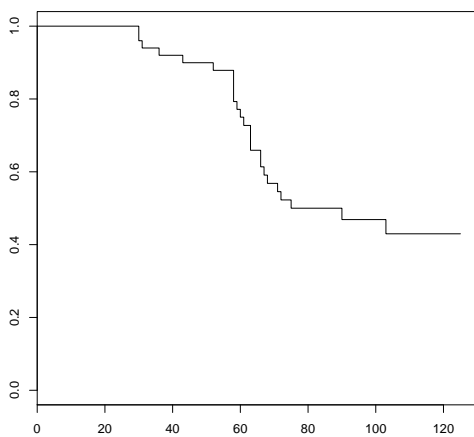
PF 134, AK 2, Nichtwohn



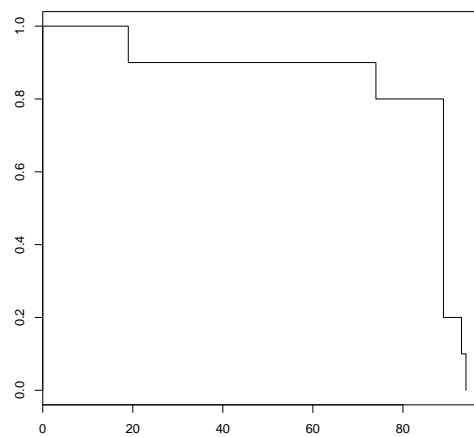
PF 134, AK 2, Wohn



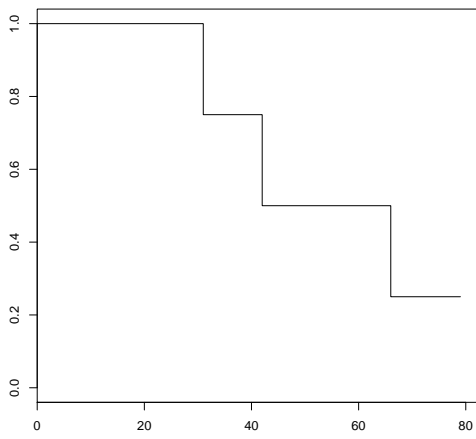
PF 134, AK 3, Nichtwohn



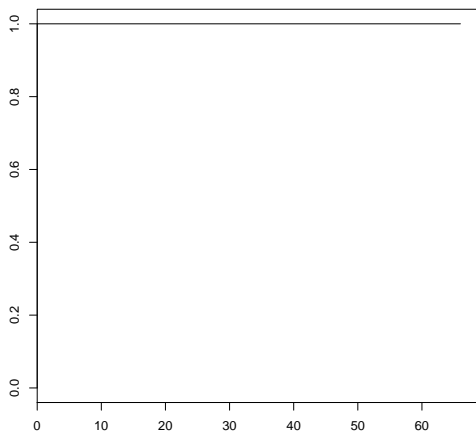
PF 134, AK 3, Wohn



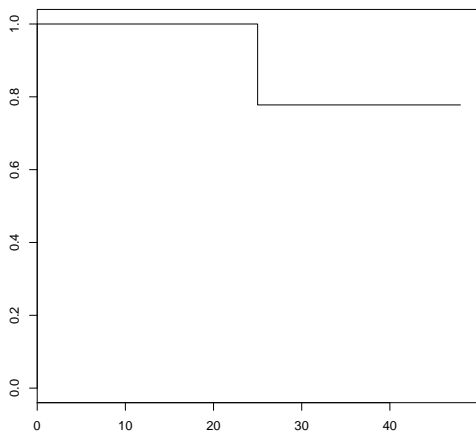
PF 134, AK 4, Nichtwohn



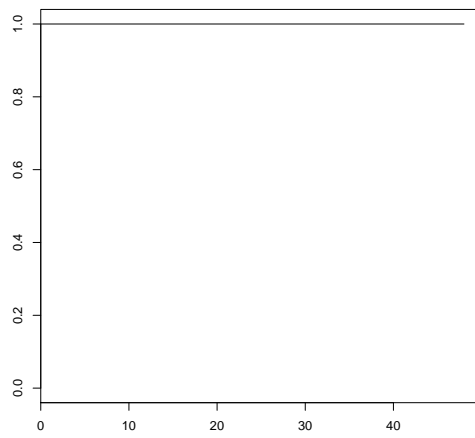
PF 134, AK 5, Nichtwohn



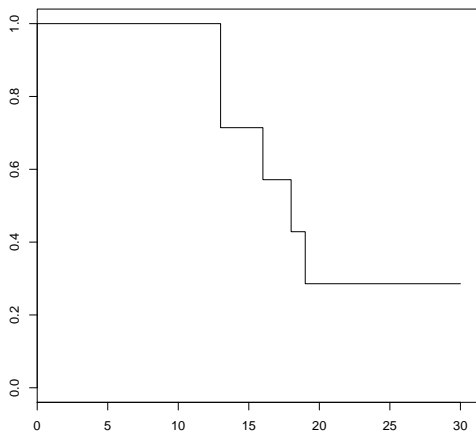
PF 134, AK 6, Nichtwohn



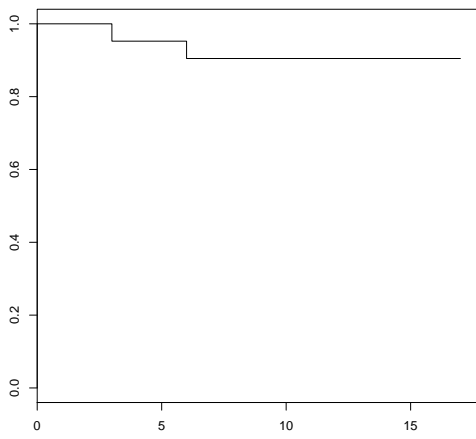
PF 134, AK 6, Wohn



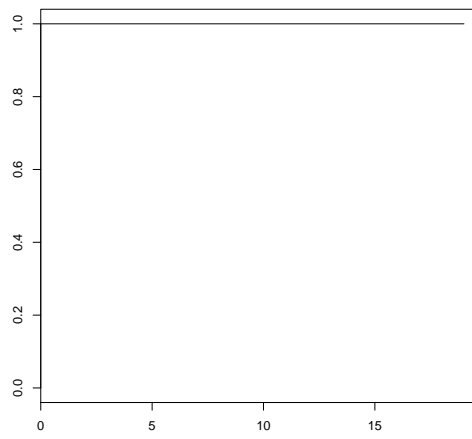
PF 134, AK 7, Nichtwohn



PF 134, AK 8, Nichtwohn

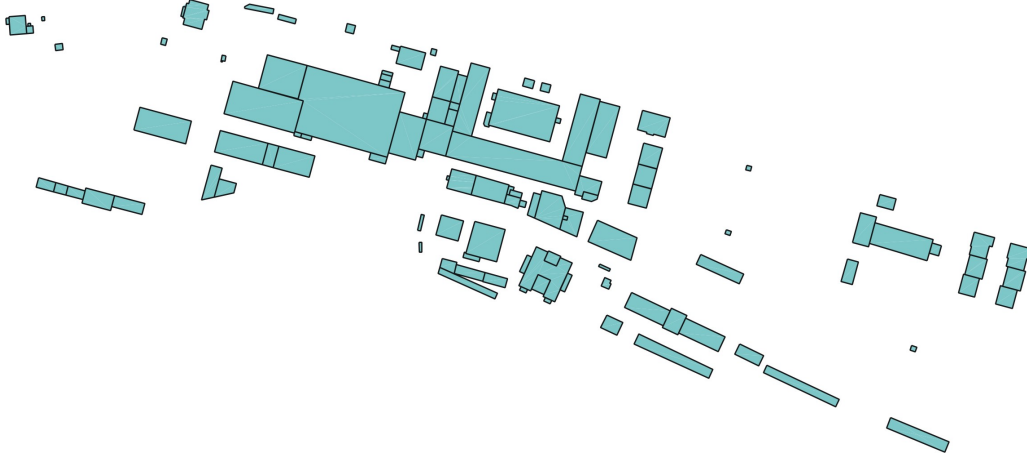
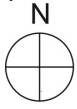


PF 134, AK 8, Wohn

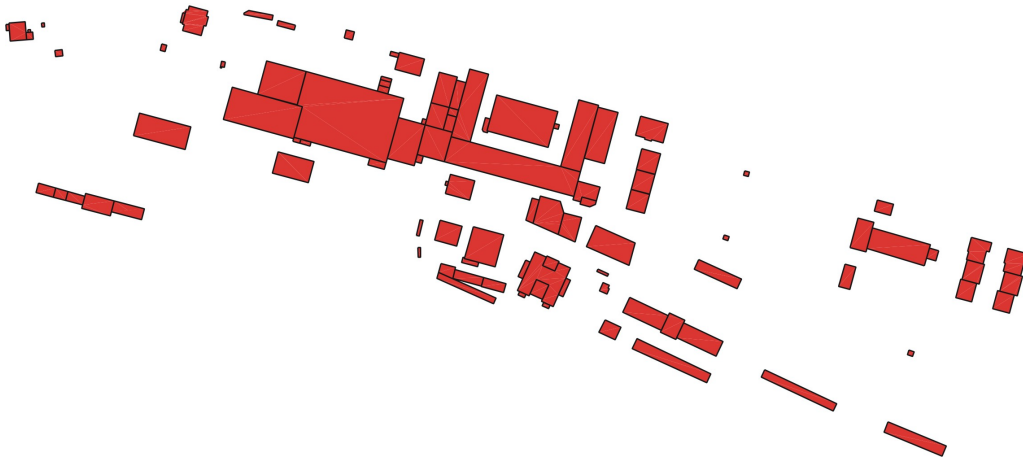
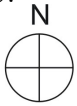


C Rekonstruierte Pläne der Spinnerei

1937:⁸

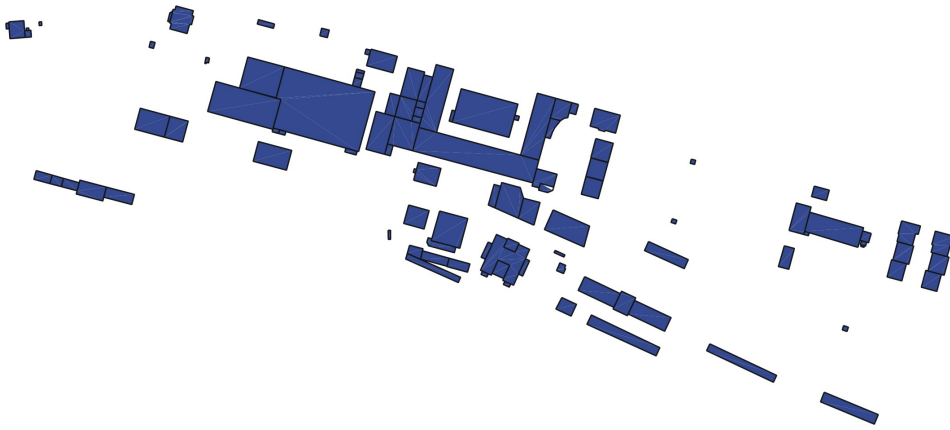


1939:

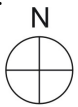


⁸Hier wird jeweils der Aktenstand der FVS wiedergegeben, außer im Jahr 2000, für welches das ALK herangezogen wurde.

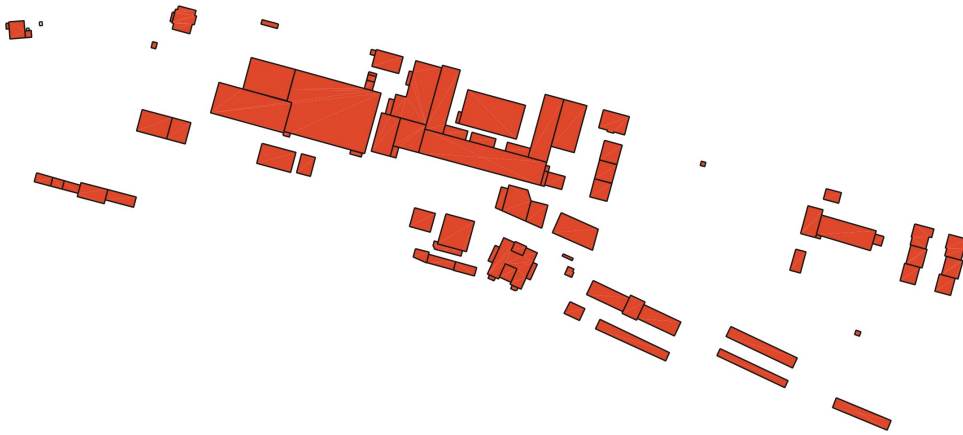
1950:



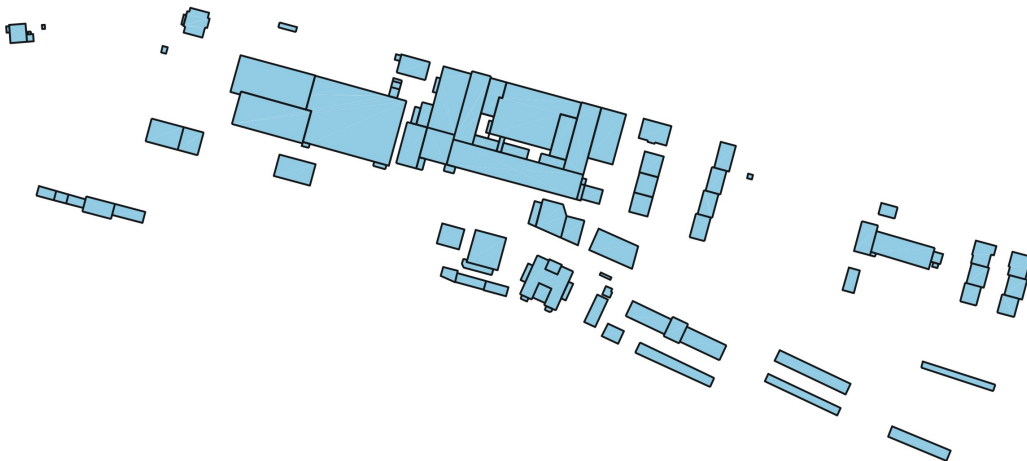
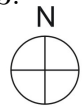
1956:



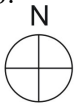
1960:



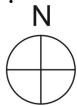
1963:



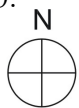
1966:



1977:



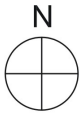
1979:



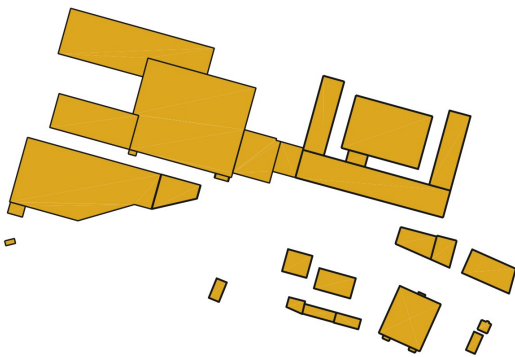
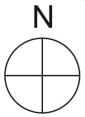
1986:



1990:



2002 (ALK):



D Abkürzungen

ALK	Automatisiertes Liegenschaftskataster
BOA	Bauordnungsamt
FVS	Feuerversicherung
OZ	Ordnungszahl
PF	Pforzheimer Straße

Literatur

- [β] Bradley, Patrick E. *Validierung eines integrierten dynamischen Modells des deutschen Gebäudebestandes*, interner Bericht, Institut für industrielle Bauproduktion, Universität Karlsruhe, 2003.
- [BBKS02] Bader, Guido; Bischoff, Wolfgang; Kohler, Niklaus; Schwaiger, Bärbel. *Statistische Methoden zur Analyse von Gebäudebeständen*, Stadtforschung und Statistik, S. 44-47, 1/02, 2002.
- [BSF01] Bader, Guido; Schwaiger, Bärbel; Ferrara, Claudio. *Methode zur Analyse von Gebäudebeständen, Alterungsmodelle und Prognose von Stoffströmen mit Anwendung auf den Gebäudebestand der Stadt Ettlingen*, Arbeitsbericht in der Version vom 15. August 2001.
- [J93] Johnstone, Ivan M. *The mortality of New Zealand Housing Stock*, PhD Dissertation, Universität Auckland, Neuseeland, 1993.
- [J01] Johnstone, Ivan M. *Energy and mass flows of housing: estimating mortality*, Building and Environment 36, 43-51 (2001).
- [KM99] Klein, John P.; Moeschberger, Melvin L. *Survival Analysis. Techniques for Censored and Truncated Data*, Statistics for Biology and Health, Springer, Corrected third printing, 1999.
- [KKY94] Komatsu, Y.; Kato, Y.; Yashiro, T. *Survey on the life of buildings in Japan*, CIB W70 Symposium, Tokyo, vol. 1, p. 111-118 (1994).
- [P93] Pukelsheim, Friedrich. *Optimal Design of Experiments*, Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics, 1993.
- [Sch03] Schwaiger, Bärbel. *Strukturelle und dynamische Modellierung von Gebäudebeständen*, Dissertation, Universität Karlsruhe, 2003.

UNIVERSITÄT KARLSRUHE, INSTITUT FÜR MATHEMATISCHE STOCHASTIK, ENGLERSTR. 2,
D-76128 KARLSRUHE, GERMANY
e-mail: bradley@math.uni-karlsruhe.de