Schriftenreihe „Wohnungsmarkt und Wohnungspolitik"
des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau

07.011 Wohnungsmarktsimulationsmodelle

1981 Workshop

vom 27. 3. bis 30. 3. 1979

in Heidelberg

Bericht BMBau – RS II 1 – 70 41 02 – 272 (1980)

Im Auftrag des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bonn, vorgelegt von der Gesellschaft für Wohnungs- und Siedlungswesen (GEWOS), Hamburg.
Wissenschaftliche Leitung des Workshop: Prof. Dr. Konrad Stahl, Universität Dortmund;
Bearbeiter des Berichtes: Dr. Peter Schacht, GEWOS, Hamburg.

IV. Universität Dortmund
Institut für Raumplanung

Das Dortmunder Wohnungsmarktmodell

von
Michael Wegener

Referat für den Workshop
über Wohnungsmarkt-Simulationsmodelle
Heidelberg, 27. bis 30. März 1979

Zusammenfassung

Das in diesem Beitrag dargestellte Wohnungsmarkt-Simulationsmodell ist Teil eines größeren Simulationsmodells, das gegenwärtig am Institut für Raumplanung der Universität Dortmund im Rahmen eines Teilprojekts des Sonderforschungsbereichs 26 Raumordnung und Raumwirtschaft Münster entwickelt und erprobt wird. Das Teilprojekt hat die Untersuchung der Auswirkungen ökonomischer, sozialer und technischer Strukturveränderungen auf die kleinräumige Mobilität von Unternehmen und Haushalten und die Entwicklung der Siedlungsstruktur in städtischen Regionen mit Hilfe eines räumlichen Mehrebenen-Simulationsmodells zum Ziel.

Das Wohnungsmarktmodell hat in diesem größeren Modell die Aufgabe, die kleinräumige Bevölkerungsmobilität, d. h. die Wanderungen der Haushalte innerhalb der Stadtregion, abzubilden. Es besteht im wesentlichen aus zwei Teilen: einem Fortschreibungs- oder Alterungsmodell, in dem die zeitabhängigen Veränderungen von Haushalten und Wohnungen in einem Markoffmodell mit dynamischen Übergangswahrscheinlichkeiten prognostiziert werden, und dem eigentlichen Wohnungsmarkt- oder Wanderungsmodell, in dem individuelle Marktvorgänge auf dem Wohnungsmarkt als Such- und Entscheidungsprozesse von Nachfragern und Anbietern mit Hilfe der Monte-Carlo-Technik simuliert werden.

Das Modell wird gegenwärtig am Beispiel der Stadtregion Dortmund erprobt. In diesem Beitrag wird über die Stellung des Wohnungsmarktmodells im Gesamtmodell, über die ihm zugrundeliegenden Hypothesen, über seine Struktur und Realisierung als Computerprogramm und über die mit seiner Anwendung verbundenen Daten- und Eichprobleme berichtet.

Einleitung

Das Dortmunder Wohnungsmarktmodell ist ein Abkömmling des Wohnungsmarktmodells des Battelle-Instituts für den Großraum Frankfurt. Aber wie viele Kinder ist es schon früh seine eigenen Wege gegangen. Heute ist es ein eigenständiges Modell, das sich vom Battelle-Modell in wesentlichen Aspekten seiner Zielsetzung, Konzeption und Struktur unterscheidet.

Die Arbeit am Dortmunder Wohnungsmarktmodell begann 1977 am Institut für Raumplanung der Universität Dortmund im Rahmen eines Teilprojekts des Sonderforschungsbereichs 26 Raumordnung und Raumwirtschaft Münster der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Das bis 1981 laufende Teilprojekt hat die Untersuchung der Auswirkungen ökonomischer, sozialer und technischer Strukturveränderungen auf die kleinräumige Mobilität von Unternehmen und Haushalten und die Entwicklung der Siedlungsstruktur in städtischen Regionen zum Ziel. Hierzu wurde ein räumlich disaggregiertes dynamisches Mehrebenen-Simulationsmodell entwickelt, das es erlaubt,

- die Standortentscheidungen von Betrieben, Wohnungsbauinvestoren und Haushalten,
- die intraregionalen Wanderungs- und Pendlerbewegungen,
- die Entwicklung der Flächennutzung sowie
- die Wirkung öffentlicher Planungseingriffe aus den Bereichen Bauleitplanung, Infrastruktur, Gewerbeansiedlung und Wohnungsbau

in einem konkreten regionalen Kontext nachzuvollziehen. Als Untersuchungsregion wurde die Stadtregion Dortmund, bestehend aus der Stadt Dortmund und 19 Umlandgemeinden, mit insgesamt rund 2,4 Millionen Einwohnern gewählt.

In diesem größeren Simulationsmodell übernimmt das Wohnungsmarktmodell die Aufgabe, die kleinräumige Bevölkerungsmobilität, d. h. die Wanderungen von Haushalten innerhalb der untersuchten Stadtregion, abzubilden. Die Entscheidung, die intraregionalen Wanderungen als Marktvorgänge auf dem regionalen Wohnungsmarkt zu simulieren, beruht auf dem in vielen empirischen Studien belegten Sachverhalt, daß Nahwanderungen innerhalb von Stadtregionen im Gegensatz zu Fernwanderungen zwischen verschiedenen Regionen fast ausschließlich von mit der Wohnung zusammenhängenden Gründen bestimmt werden, d. h. von der Wohnsituation der Haushalte und ihren sich im Lebenszyklus verändernden Wohnbedürfnissen und Wohnwünschen. Folgerichtig wurde das Wohnungsmarktmodell im wesentlichen als mikroanalytisches Modell des Wahlverhaltens von Haushalten und Wohnungseigentümern unter dem Einfluß ökonomischer und nichtökonomischer Restriktionen konzipiert.

Entsprechend diesem Konzept wurde bei der Modellentwicklung große Sorgfalt auf die Abbildung der jeweiligen Entscheidungssituation der Wohnungsmarktakteure verwendet, d. h. der Wohnsituation, Wohnbedürfnisse, Wohnwünsche und Zahlungsbereitschaft der Haushalte in den verschiedenen Phasen ihres Lebenszyklus auf der Nachfrageseite und der ökonomischen und rechtlichen Rahmenbedingungen der Wohnungsvergabe- und Preisbildungsentscheidungen der Wohnungseigentümer auf der Angebotsseite. Das Modell unterscheidet sich von anderen Wohnungsmarktmodellen – abgesehen von seiner Einbindung in einen größeren Modellrahmen – vor allem durch die Verwendung der stochastischen Monte-Carlo-Technik zur Simulation des eigentlichen Wohnungsmarktprozesses als einer kumulativen Abfolge individueller Such- und Entscheidungsvorgänge von Wohnungssuchenden und Wohnungsanbietern.

Die Forschungsgruppe ist dem Battelle-Institut e. V. Frankfurt und der Stadt Frankfurt am Main für die Erlaubnis zu Dank verpflichtet, den Fortschreibungsteil des Battelle-Wohnungsmarktsmodells, an dessen Entwicklung der Verfasser bis 1976 beteiligt war, zu übernehmen und weiterzuentwickeln. Battelle gestattete ferner die Verwendung von Teilen des 1969 bis 1973 vom Verfasser zusammen mit anderen bei Battelle entwickelten Stadtsimulationsmodells POLIS für die Teilmodelle der öffentlichen und privaten Bautätigkeit im gegenwärtigen Modell.

Die folgende Darstellung des Dortmunder Wohnungsmarktmodells enthält vier Kapitel. Im ersten Kapitel wird ein Überblick über das Gesamtmodell, in das das Wohnungsmarktmodell eingebettet ist, gegeben. Im zweiten Kapitel werden die wichtigsten dem Modell zugrundeliegenden Hypothesen über die Wirkungsweise des Wohnungsmarkts dargelegt. Kapitel drei, die eigentliche Modellbeschreibung, enthält detaillierte Angaben über die Modellstruktur, die wichtigsten Modellgleichungen und die bei der Realisierung als Computerprogramm verwendeten Rechenverfahren. Im vierten Kapitel werden die Datenanforderungen des Modells und die Eichung seiner Parameter sowie die sich daraus für die Anwendung des Modells ergebenden Probleme diskutiert.

1. Das Wohnungsmarktmodell im Gesamtmodell

Das in diesem Beitrag dargestellte Wohnungsmarkt-Simulationsmodell ist Teil eines in der räumlichen und zeitlichen Dimension mehrstufigen Simulationsmodells bestehend aus

- einem makroanalytischen Modell der Entwicklung von Wirtschaft und Bevölkerung in 34 Arbeitsmarktregionen in Nordrhein-Westfalen („Regionenmodell"),
- einem mikroanalytischen Modell der kleinräumigen Standort- und Wanderungsentscheidungen in der in 29 Zonen untergliederten Stadtregion Dortmund („Zonenmodell"),
- einem mikroanalytischen Modell der kleinräumigen Flächennutzung in einzelnen Stadtbezirken Dortmunds („Stadtbezirksmodell").

Das **„Regionenmodell"** bildet die oberste Ebene der dreistufigen Modellhierarchie. Seine Aufgabe ist die Vorausschätzung des sektoralen Arbeitsplatzangebots in den 34 Arbeitsmarktregionen Nordrhein-Westfalens und der Wanderungsströme zwischen ihnen auf der Grundlage exogener Wirtschafts- und Bevölkerungsprognosen für ganz Nordrhein-Westfalen.

Die Ergebnisse des Regionenmodells setzen die Rahmenbedingungen für die Simulation der kleinräumigen Standort- und Wanderungsentscheidungen von Betrieben, Wohnungsbauinvestoren und Haushalten im nachfolgenden **„Zonenmodell"** auf der mittleren Ebene der Modellhierarchie. Sein Untersuchungsgebiet ist die Arbeitsmarktregion Dortmund bestehend aus Dortmund selbst mit seinen zehn Stadtbezirken und zehn Nachbargemeinden sowie neun Wohnortgemeinden außerhalb der Arbeitsmarktregion Dortmund. Damit ist die Untersuchungsregion des Zonenmodells in 29 Zonen untergliedert (Abb. 1).

Die unterste Ebene der Modellhierarchie wird durch das **„Stadtbezirksmodell"** gebildet, das sich noch im Entwurfsstadium befindet. Auf dieser Modellebene wird die Feinverteilung der im Zonenmodell ermittelten öffentlichen und privaten Bautätigkeit auf Einzelstandorte innerhalb der Zonen vorgenommen. Jede Zone oder Kombination von Zonen kann Untersuchungsgebiet des Stadtbezirksmodells sein, jedoch beschränkt sich die Datenerfassung für das Stadtbezirksmodell gegenwärtig auf die zehn Stadtbezirke Dortmunds.

Abb. 2 ist eine schematische Darstellung der bisher fertiggestellten oberen zwei Modellebenen, des Regionen- und des Zonenmodells, sowie ihrer wichtigsten Modellsektoren und Wirkungszusammenhänge. Beide Modelle umfassen die Sektoren Arbeitsplätze, Bevölkerung, Wohnungen und Infrastruktur, das Zonenmodell außerdem auch alle übrigen Gebäude, Flächennutzung und Verkehr. Die Pfeile in der Darstellung bezeichnen Informationsflüsse, d. h. Wirkungszusammenhänge, die breiten gerasterten Pfeile Informationsflüsse zwischen den Modellebenen.

Eine zentrale Rolle in beiden Modellen spielt der Begriff der **Attraktivität.** Die Attraktivität einer Region, einer Zone oder allgemein eines Objekts für eine Nutzung ist ein gewichtetes Aggregat nutzungsspezifisch, d. h. aus der Sicht an dieser Nutzung interessierter Gruppen, bewerteter Merkmale der Region, der Zone oder des Objekts. Damit ist die Attraktivität eine wichtige Bestimmungsgröße für alle Entscheidungen der simulierten Modellakteure. Im Regionenmodell ist die Attraktivität einer Region als Wanderungsziel hauptsächlich durch ihr Arbeitsplatzangebot, ihr Lohnniveau und ihre Versorgung mit Wohnungen und haushaltsnaher Infrastruktur bestimmt; die Attraktivität einer Region als Industriestandort hängt von Faktoren wie Arbeitskräfteangebot, finanziellen Fördermaßnahmen und Ausstattung mit wirtschaftsnaher Infrastruktur ab. Im Zonenmodell wird die Attraktivität einer Zone als Standort für einen Unternehmer oder Wohnungsbauinvestor durch Merkmale wie Lage, Erschließung, Infrastrukturausstattung und Bodenpreis bestimmt, während die Attraktivität einer Wohnung für einen Haushalt von ihrer Größe, Qualität und Lage im Verhältnis zu ihrem Kauf- oder Mietpreis abhängt.

Die Rückkopplung zwischen den drei Modellebenen ergibt sich aus ihrer Überlagerung mit der rekursiven zeitlichen Struktur des Modells. Abb. 3 verdeutlicht diese Überlagerung: Die horizontalen Zeilen der Abbildung stellen die drei räumlichen Ebenen dar, hier von unten nach oben. Die vertikalen Spalten der Abbildung entsprechen der bei rekursiven Modellen üblichen Unterscheidung zwischen **Statusbeschreibung** und **Prozeßbeschreibung:** Die Statusbeschreibungsteile beziehen sich auf die Zeitpunkte am Anfang und am Ende jeder Simulationsperiode, die Prozeßbeschreibungsteile auf die Zeitintervalle dazwischen, d. h. die Simulationsperioden selbst. In diese „Matrix" sind die einzelnen Modellkomponenten eingeordnet. Die Pfeile in der Abbildung bezeichnen sowohl die Abfolge der Verarbeitung als auch Informationsflüsse.

Die Simulation beginnt beim Symbol „Start" und durchläuft zunächst einen Initialisierungsblock. Dann wird der rekursive Zyklus des Modells eröffnet. Der erste Durchlauf beginnt mit der Statusbeschreibung des Basisjahrs der Simulation. Die Statusbeschreibung wird zuerst auf der untersten räumlichen Ebene, dann auf dem Wege immer weiterer Aggregation auf der Zonenebene und der Regionenebene ausgeführt. Auf der Regionenebene beginnt die erste Simulationsperiode, d. h. die Beschreibung der Veränderungsprozesse zwischen dem Basisjahr und dem Zeitpunkt $t = 1$. In der Abbildung bedeutet das den Wechsel von der linken zur rechten Spalte der Darstellung. Von den Prozeßbeschreibungsteilen des Modells wird zuerst das Regionenmodell ausgeführt. Seine Ergebnisse bilden den Input für das Zonenmodell, und so fort, bis die Ergebnisse am Ende bis zur kleinräumigen Ebene des Stadtbezirksmodells disaggregiert sind. Damit ist die erste Simulationsperiode beendet. Nun geht es wieder in die linke Spalte der Abbildung hinüber. Das Modell beginnt, mit neuen Zustandswerten, die nächste Statusbeschreibung. Auf diese Weise wechseln eine Aggregationsphase (Statusbeschreibung) und eine Disaggregationsphase (Prozeßbeschreibung) miteinander ab, bis die letzte Simulationsperiode durchlaufen ist. Das Modell liefert noch eine Zusammenfassung der Modellergebnisse und endet an der symbolischen Marke „Stop".

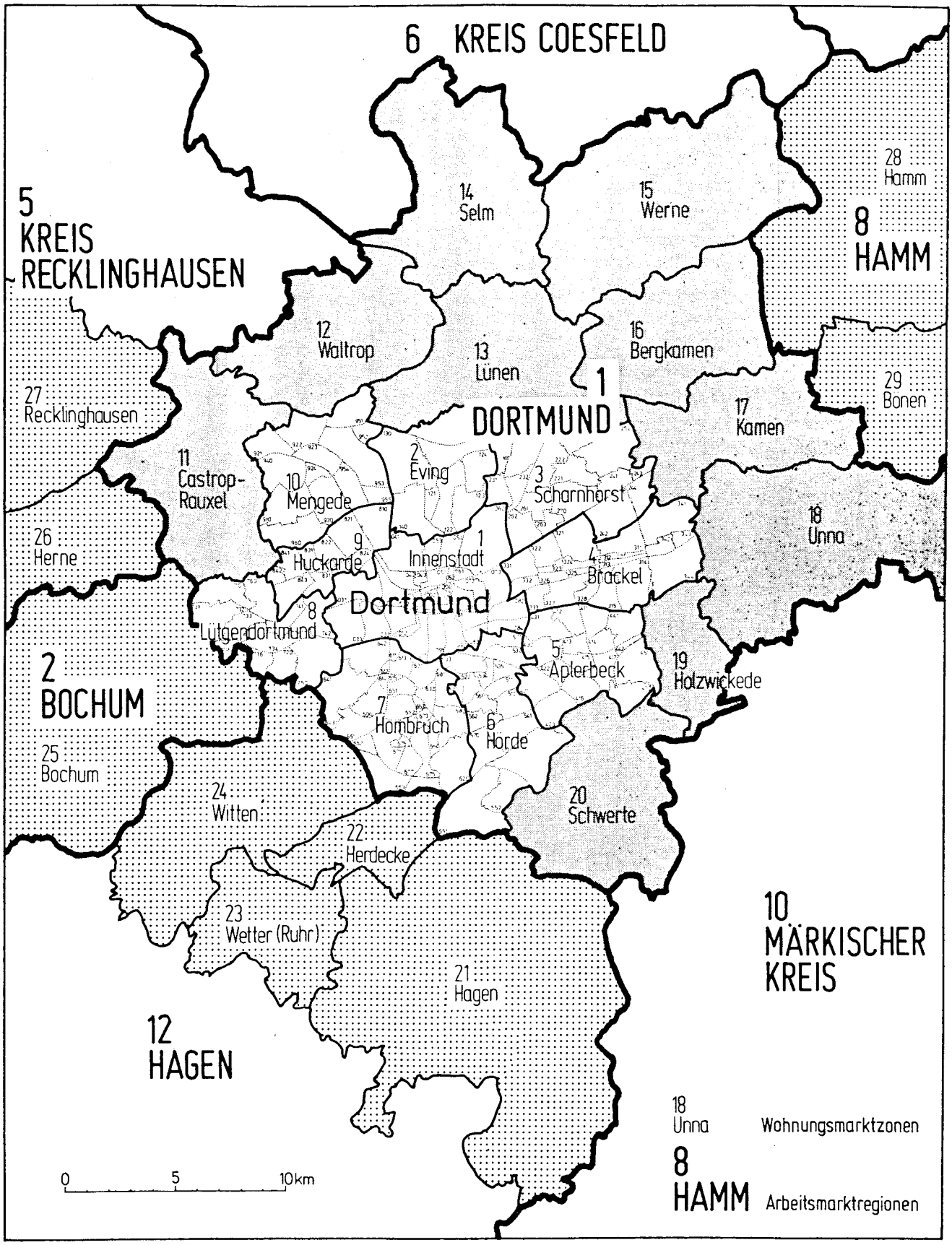

Abb. 1: Die Stadtregion Dortmund

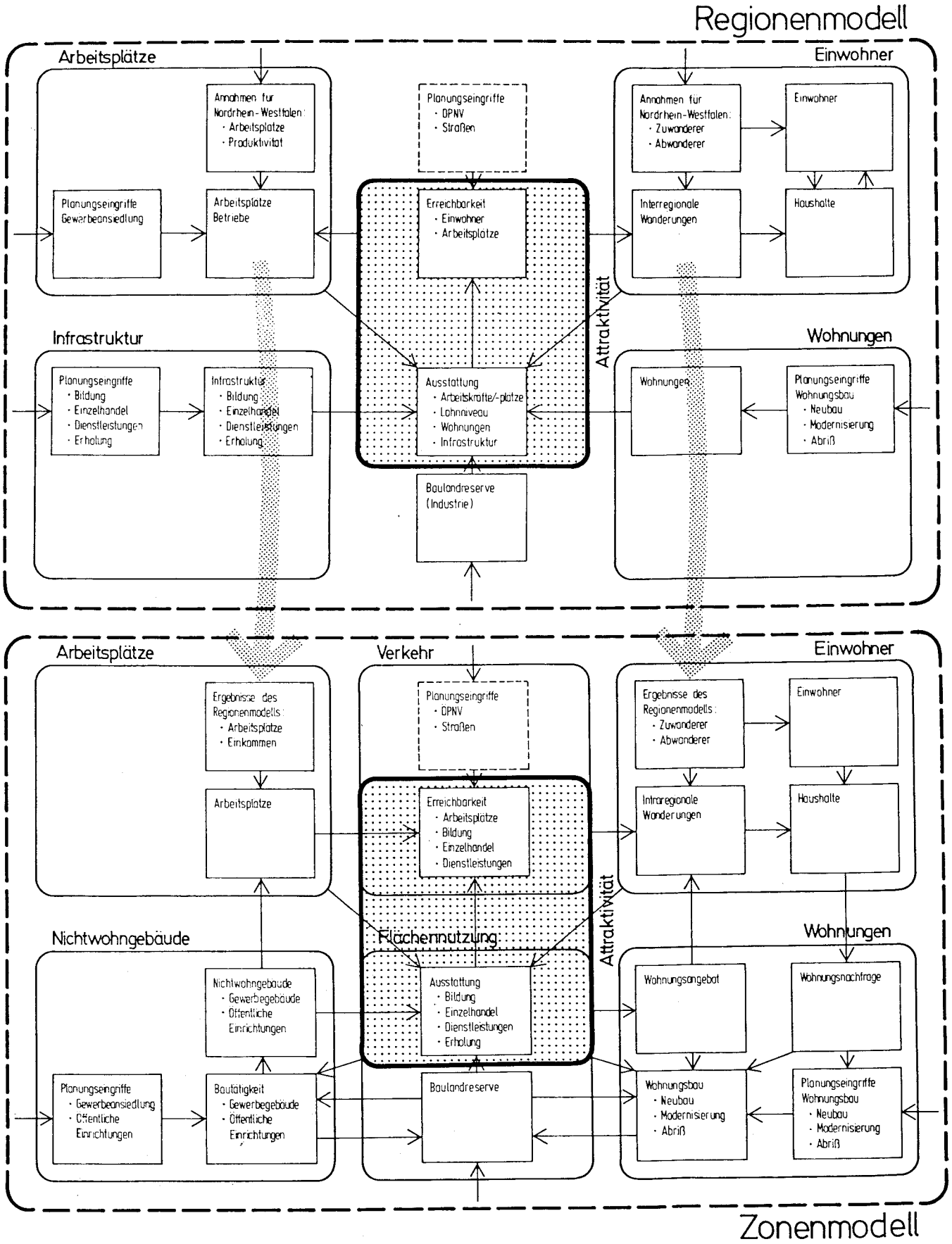

Abb 2: Regionenmodell und Zonenmodell

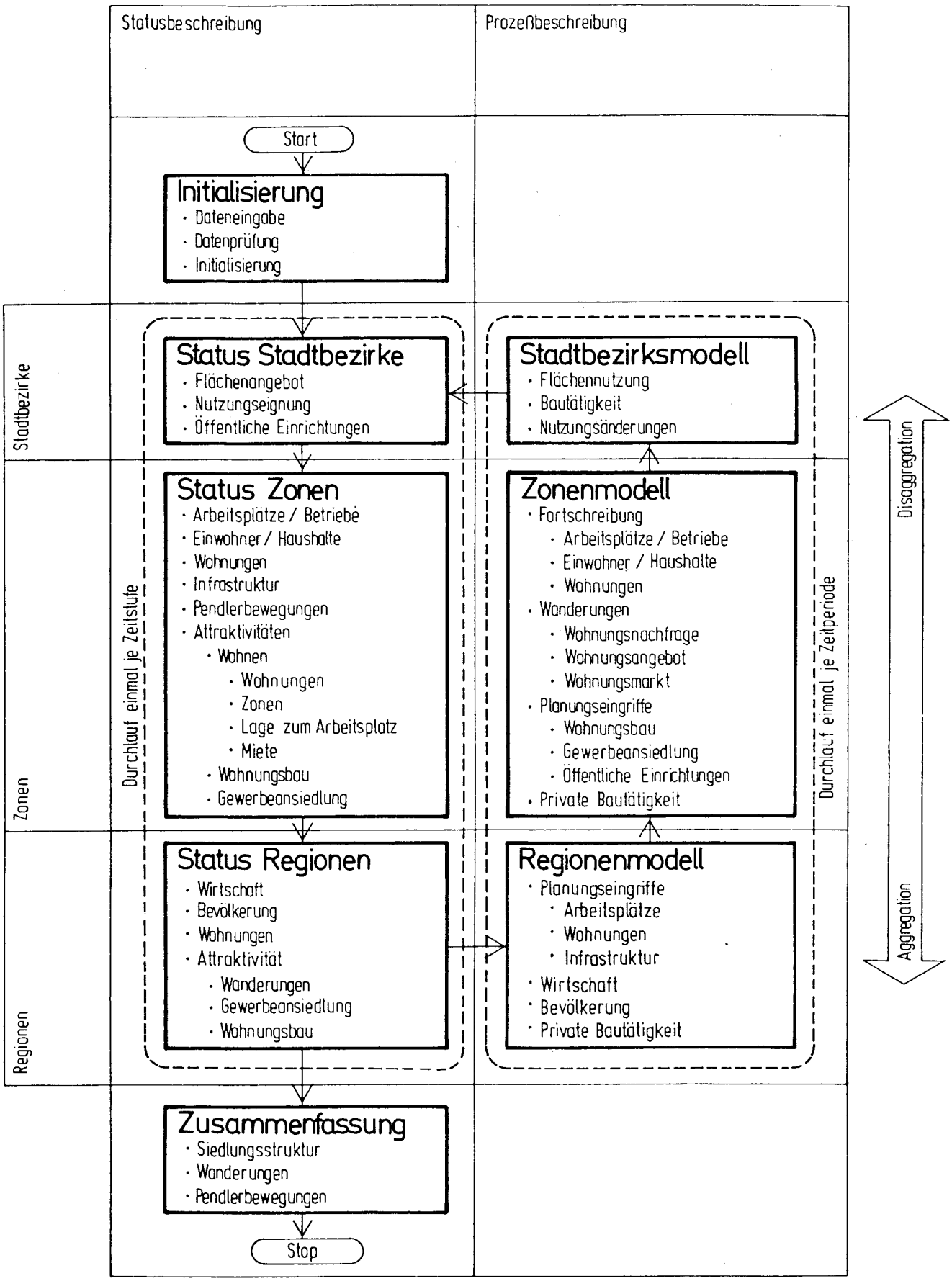

Abb. 3: Die Raum-Zeit-Struktur des Modells

2. Modellhypothesen

Da der Wohnungsmarkt im vorliegenden Forschungsprojekt als Teil der räumlichen Stadtentwicklung simuliert wird, sind die dem Wohnungsmarktmodell zugrundeliegenden Hypothesen eingebettet in eine Reihe von Hypothesen über den Stadtentwicklungsprozeß überhaupt. Diese allgemeineren Hypothesen werden im folgenden zunächst zusammengefaßt:

Das Modellkonzept geht von der Grundannahme aus, daß die Entwicklung der Siedlungsstruktur in hochindustrialisierten Ländern wie der Bundesrepublik Deutschland durch zwei Tendenzen bestimmt wird:

- Der großräumige **Agglomerationsprozeß** führt zu wachsender Polarisierung zwischen städtischen Verdichtungsgebieten und ländlichen Entleerungsgebieten.
- Der kleinräumige **Deglomerationsprozeß** äußert sich in zunehmender Abwanderung von Betrieben und Haushalten aus den Kernstädten in die Ballungsrandzonen.

Diese zwei Tendenzen sind nicht unabhängig voneinander; die kleinräumige Randwanderung („Stadtflucht") ist die Kehrseite des großräumigen Agglomerationsprozesses. Ihre Hauptursachen sind:

- starke Nachfrage nach Geschoßflächen für tertiäre Nutzungen in den Stadtzentren mit der Folge steigender Bodenpreise und Mieten;
- abnehmende Attraktivität der Stadtzentren als Wohnstandorte infolge Verkehrsüberlastung, Lärm, Luftverschmutzung, Mangel an Parkplätzen, Grün- und Erholungsflächen usw.;
- veränderte Lebens- und Konsumgewohnheiten aufgrund steigender Einkommen und abnehmender Arbeitszeit mit folgenden Entwicklungstendenzen:
  - kleinere Haushalte mit weniger Kindern,
  - wachsendes Interesse an Freizeitaktivitäten, Reisen, Hobbies, Sport,
  - höhere Ansprüche an Wohnfläche, Wohnkomfort und Wohnlage,
  - stärkere Beachtung von Umweltqualitäten wie Ruhe, saubere Luft, Naturnähe;
- verbesserte Erreichbarkeit des Umlands durch neue Straßen und Schnellbahnen sowie durch die weiterhin zunehmende Motorisierung;
- anhaltende staatliche Förderung des Erwerbs von Wohnungseigentum durch Sparprämien und Steuererleichterungen;
- ein Steuer- und Finanzsystem, das die Gemeinden zum Wettbewerb um Einwohner und Arbeitsplätze zwingt.

Die Folgen des Exodus von Einwohnern und Arbeitsplätzen aus den Kernstädten sind Monofunktionalität der Innenstädte, Entmischung der städtischen Funktionen, räumliche Segregation sozialer Gruppen, hohe öffentliche Aufwendungen für Infrastruktureinrichtungen und den Nahverkehr und Zersiedlung in den Ballungsrandzonen. Zugleich bedeutet der Verlust von Einwohnern und Arbeitsplätzen für die Städte einen Verlust an Steueraufkommen, so daß sie die Stadtflucht als eine gefährliche Bedrohung ansehen müssen.

Die Folgen der Stadtflucht werden dort am stärksten spürbar, wo auch der Ballungsraum als Ganzes, abweichend vom großräumigen Agglomerationstrend, keine Zuwachsraten mehr aufweist. Dies trifft für die großen Städte des Ruhrgebiets, und damit auch für Dortmund, zu, welche als Folge des Niedergangs der Kohle- und Stahlindustrie bereits seit fünfzehn Jahren Bevölkerungs- und Arbeitsplatzverluste hinnehmen mußten, während der Großteil des Wachstumspotentials des Landes vor allem im tertiären Sektor von den Ballungszentren an der Rheinschiene Düsseldorf und Köln aufgesogen wurde.

Die Frage ist, durch welche Theorie der Stadtentwicklung nicht nur die Urbanisierung, sondern auch die Suburbanisierung erklärt werden kann. In diesem Projekt wird, abweichend von älteren Stadtentwicklungstheorien, unterstellt, daß sich in der Entwicklung hochtechnisierter moderner Stadtregionen in der Regel keine eindeutige Zuordnungsfolge von den Betrieben des Basissektors über die Wohnstandorte zu den Betrieben des Versorgungssektors mehr nachweisen läßt. Vielmehr werden Standortentscheidungen der verschiedenen Nutzergruppen unter gruppenspezifisch eingeschränkten Informations- und Wahlmöglichkeiten aufgrund ebenfalls gruppenspezifischer mehrdimensionaler Präferenzsysteme gefällt, in denen Faktoren der Raumüberwindung eine zwar immer noch bedeutende, aber gegenüber ortsgebundenen Faktoren mehr und mehr an Gewicht verlierende Rolle spielen. Dies führt langfristig zu einer unter dem Aspekt der Raumüberwindung suboptimalen Verteilung der Aktivitäten im Raum, besonders für bestimmte Nutzergruppen wie Berufspendler, Schüler und Hausfrauen.

Räumliche Allokationsentscheidungen können öffentlich oder privat sein. Öffentliche Allokationsentscheidungen sind alle direkten Investitions- oder Baumaßnahmen der Stadt oder anderer öffentlicher Planungsträger sowie alle indirekten staatlichen oder kommunalen Maßnahmen aus dem Bereich der Steuergesetzgebung und des Bau- und Bodenrechts einschließlich der Bauleitplanung. Private Allokationsentscheidungen sind alle nicht oder nur zum Teil durch öffentliche Planungsinstrumente beeinflußbare Standortwahl-, Wanderungs- oder Fahrtenentscheidungen der Betriebe, Haushalte oder Individuen. Sie machen den **Marktsektor** der räumlichen Stadtentwicklung aus. Er besteht im wesentlichen aus drei Teilmärkten: dem Bau- und Bodenmarkt, dem Wohnungsmarkt und dem Verkehrsmarkt.

Auf dem **Wohnungsmarkt** treffen Haushalte auf der Suche nach Befriedigung ihrer Wohnbedürfnisse mit Wohnungseigentümern zusammen, die aus früher gemachten Wohnungsbauinvestitionen Gewinn erzielen möchten. Die Wohnungsbauinvestitionen selbst finden nicht auf dem Wohnungsmarkt im engeren Sinne statt, sondern auf dem **Bau- und Bodenmarkt,** der mit dem Wohnungsmarkt zwar eng zusammenhängt, sich aber von diesem vor allem dadurch unterscheidet, daß auf ihm die Wohnnutzung mit allen übrigen Gebäude- und Flächennutzungen in Konkurrenz liegt.

Bei der Nachbildung des Wohnungsmarkts im engeren Sinne wurde von folgenden Hypothesen ausgegangen:

- Die Ansprüche eines Haushalts an seine Wohnsituation sind abhängig von seiner Stellung im Lebenszyklus und seinem Einkommen.
- Die Zufriedenheit eines Haushalts mit seiner Wohnsituation läßt sich durch eine mehrdimensionale Präferenzstruktur erfassen, in die die Wohnung, die Wohnumgebung, die Lage in der Region und die Wohnkosten eingehen.
- Die Umzugsbereitschaft eines Haushalts ist um so größer, je unzufriedener er mit seiner Wohnsituation ist. Ein umzugswilliger Haushalt realisiert seine Umzugsabsicht dann, wenn die erreichbare Verbesserung seiner Wohnsituation die Mühe und Kosten des Umzugs aufwiegt.
- Die Informations- und Wahlmöglichkeiten auf dem Wohnungsmarkt sind besonders für Haushalte mit geringem Einkommen sehr beschränkt. Es gibt auf dem Wohnungsmarkt lokale und soziale Teilmärkte, die durch ökonomische und nichtökonomische Barrieren voneinander getrennt sind.
- Nach mehreren vergeblichen Versuchen, eine Wohnung zu finden, reduziert der Haushalt seine Ansprüche oder verzichtet auf den Umzug. Dabei müssen häufig nicht befriedigte Lageansprüche durch Pendeln kompensiert werden.
- Das Angebot auf dem Wohnungsmarkt ist in hohem Maße unelastisch: Eine Mengenanpassung ist wegen langer Planungs- und Bauzeiten nur mit starker Verzögerung möglich. Auch eine Preisanpassung findet während kurzer Marktperioden so gut wie nicht statt.

Insgesamt ist der Wohnungsmarkt trotz aller staatlichen Steuerungsversuche weit davon entfernt, die Wohnbedürfnisse aller Bevölkerungsgruppen zu befriedigen, vielmehr trägt er dazu bei, die räumliche und soziale Segregation der Bevölkerungsgruppen zu verstärken.

3. Modellstruktur

Im Zonenmodell werden die intraregionalen Standortwahlentscheidungen von Betrieben, Wohnungsbauinvestoren und Haushalten und die aus ihnen resultierenden Wanderungs- und Pendlerbewegungen simuliert. Dies schließt die Simulation der wichtigsten Veränderungen von Arbeitsplätzen, Einwohnern, Wohnungen, öffentlichen Einrichtungen und der Flächennutzung im Zeitablauf ein. Diese Veränderungen können verursacht werden durch

- Alterung,
- Wanderungen,
- öffentliche Planungseingriffe,
- private Bautätigkeit.

Diese vier Arten von Veränderungen werden in vier getrennten Teilmodellen behandelt; sie bilden die Grundbausteine des Prozeßbeschreibungsteils des Zonenmodells.

Die beiden letzten von ihnen betreffen Änderungen der Flächennutzung und des Gebäudebestands. Sie werden hier nur kurz skizziert. Die beiden ersten enthalten das Wohnungsmarktmodell. Abb. 4 zeigt die Abfolge der Teilmodelle im Zonenmodell und der wichtigsten Berechnungsschritte in den beiden für den Wohnungsmarkt relevanten Teilmodellen.

3.1 Teilmodell Fortschreibung

In den Wohnungsmarktteilen des Zonenmodells werden die Veränderungen des Haushalts- und Wohnungsbestands in den Zonen **mit Ausnahme** der durch öffentliche oder private Bautätigkeit verursachten Veränderungen simuliert.

Die **Haushalte** jeder Zone werden im Modell als eine mehrdimensionale Verteilung von nach den Merkmalen

- Nationalität (Inländer, Ausländer),
- Alter des Haushaltsvorstands (16–19, 30–59, 60+ Jahre),
- Größe (1, 2, 3, 4, 5+ Personen),
- Einkommen (ohne, niedrig, mittel, hoch)

klassifizierten Haushaltstypen dargestellt. In ähnlicher Weise werden die **Wohnungen** typisiert nach den Merkmalen

- Gebäudeart (Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus),
- Eigentumsform (Eigentum, Miete, Sozialer Wohnungsbau),
- Qualität (sehr schlecht, schlecht, mittel, gut),
- Größe (1, 2, 3, 4, 5+ Zimmer).

Alle Veränderungen von Haushalten und Wohnungen während der Simulation werden für diese 120 Haushaltstypen und 120 Wohnungstypen berechnet **(Typenfeinstruktur).** Zusätzlich werden die je 120 Haushalts- und Wohnungstypen für die Verwendung in der Wohnungsversorgungsmatrix zu je maximal 30 Haushalts- und Wohnungstypen aggregiert **(Typengrobstruktur).**

Die **Wohnungsversorgungsmatrix HW** einer Zone stellt die Belegung der Wohnungen einer Zone mit Haushalten dar. Jedes Element der Matrix enthält die Anzahl der Haushalte eines bestimmten Typs, die in dieser Zone in Wohnungen eines bestimmten Typs wohnen, die gesamte Matrix enthält alle mit einer Wohnung versorgten Haushalte bzw. alle mit einem Haushalt belegten Wohnungen (Abb. 5). Außerdem gibt es für jede Zone einen **Vektor H** mit Haushalten, die zur Zeit keine eigene Wohnung haben, und einen **Vektor W** mit im Augenblick nicht belegten Wohnungen. Am Anfang jeder Simulationsperiode enthält der Vektor H die Haushalte, die in Untermiete leben, im Vektor W können von der letzten Periode übriggebliebene leere Wohnungen oder seit der letzten Periode fertiggestellte neue Wohnungen enthalten sein.

Alle Veränderungen von Haushalten und Wohnungen einer Zone während einer Simulationsperiode können als Bewegungen innerhalb oder zwischen der Matrix HW und den beiden Vektoren H und W dargestellt werden.

Im ersten Teilmodell, dem **Fortschreibungsmodell** oder Alterungsmodell, werden diejenigen Veränderungen der Arbeitsplätze, Einwohner, Haushalte und Wohnungen ausgeführt, deren Ursachen in biologischen oder technischen Grundgegebenheiten oder in langfristigen sozioökonomischen Trends liegen, d. h. die für das Modell allein zeitabhängig sind. Hierzu gehören bei den Haushalten die Veränderungen des Haushaltsstatus im Lebenszyklus durch Geburt, Altern, Tod, Heirat oder Scheidung sowie alle damit zusammenhängenden Haushaltsauflösungen und -neugründungen, außerdem Ver-

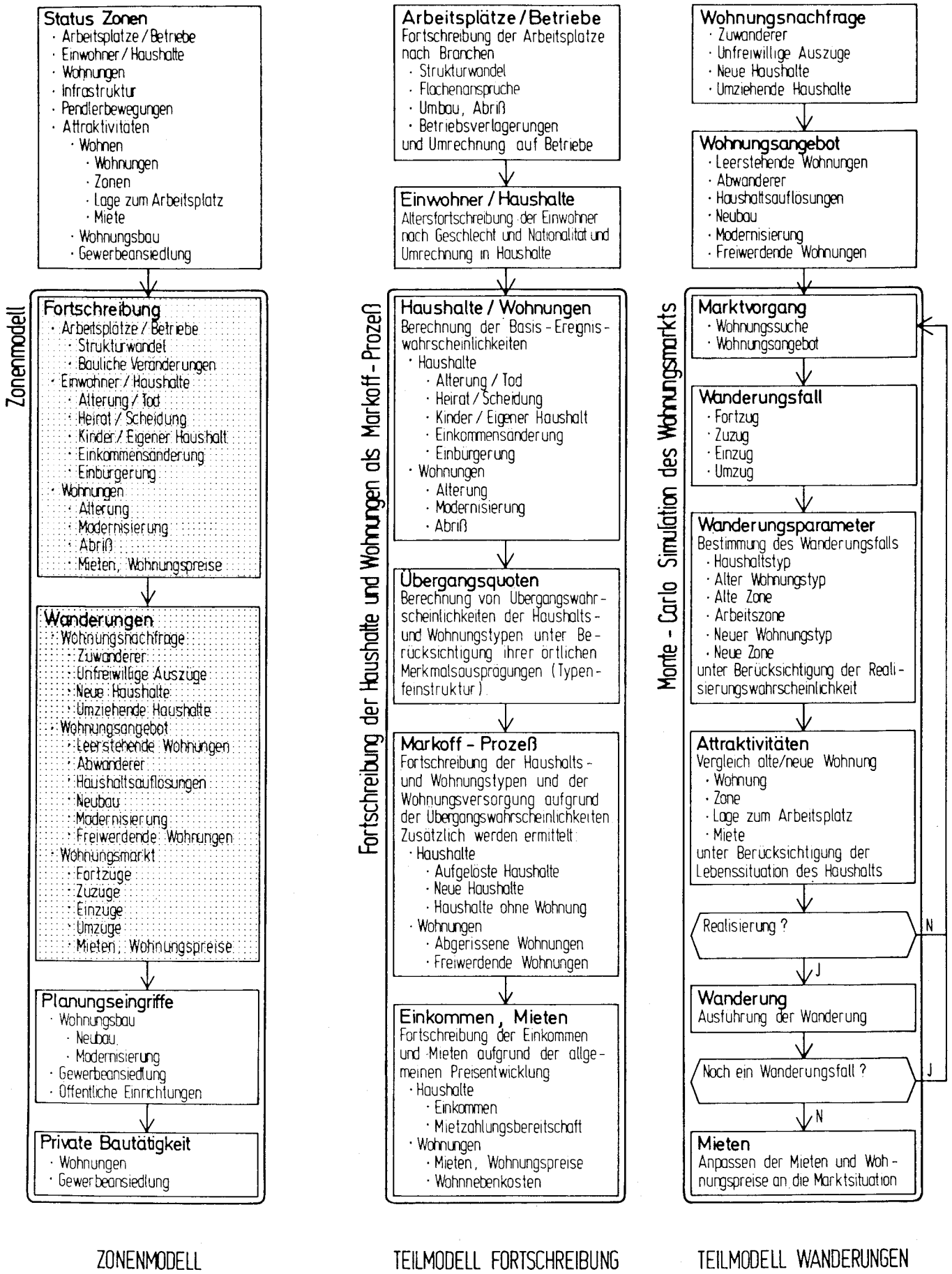

Abb. 4: Die Wohnungsmarkt-Teilmodelle des Zonenmodells

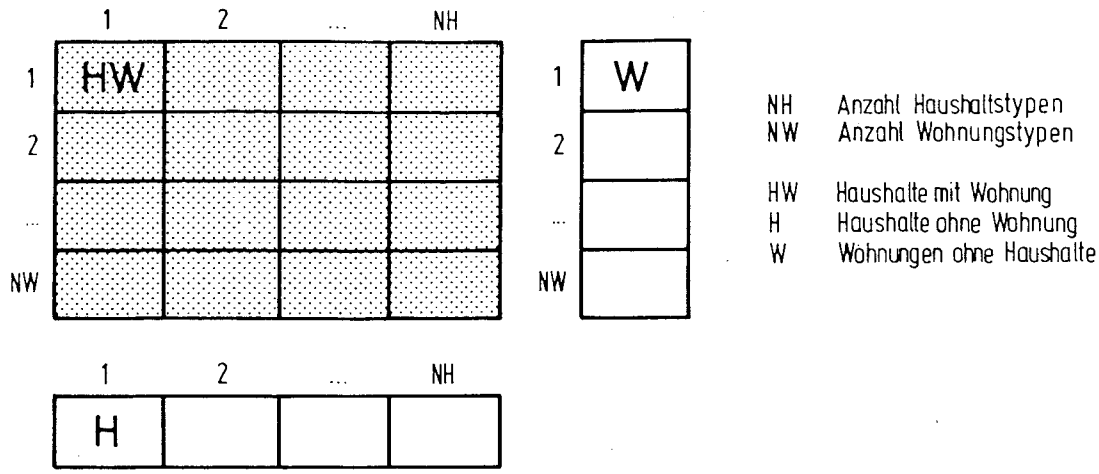

Abb. 5: Haushalte und Wohnungen einer Zone

änderungen der Nationalität durch Einbürgerung sowie alle Einkommensveränderungen. Bei den Wohnungen gehören dazu der Verfall des Wohnungsbestands durch Alterung sowie ein Teil der Instandhaltungs-, Modernisierungs- und Abrißvorgänge. Alle durch Wanderungsentscheidungen verursachten Veränderungen der Wohnungsbelegung dagegen werden im nachfolgenden Teilmodell Wanderungen ausgeführt.

Dieser Zweiteilung liegt folgende Überlegung zugrunde: In der Realität werden beide Arten von Veränderungen, zumindest teilweise, durch Einzelentscheidungen von Individuen und Haushalten ausgelöst und folgen in einem kontinuierlichen Strom vielfältig miteinander verknüpfter Ereignisse aufeinander. Die Abbildung aller dieser Verknüpfungen im Modell ist jedoch nicht erforderlich, da unterstellt wird, daß kleinräumige Wanderungen durch den Haushaltsstatus bestimmt werden und nicht umgekehrt. Es ist daher möglich, die Veränderungen des Haushaltsstatus und die Wanderungen nacheinander, jeweils mit einem spezifisch geeigneten Modell, zu simulieren.

Das Teilmodell Fortschreibung dient deshalb dazu, Haushalte und Wohnungen um eine Simulationsperiode fortzuschreiben, ohne den Bezug zwischen Haushalten und Wohnungen, nämlich die Wohnungsbelegung, zu verändern. Dies geschieht in einem **Markoffmodell** mit dynamischen Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den Haushalts- bzw. Wohnungstypen. Dieser Modellteil wurde vom Battelle-Wohnungsmarktmodell übernommen und weiterentwickelt.

Die Übergangswahrscheinlichkeiten werden folgendermaßen berechnet: Die zeitabhängigen Veränderungen des Haushalts- und Wohnungsbestands können auf eine begrenzte Zahl von Ereignissen zurückgeführt werden, die einem Haushalt oder einer Wohnung in einer Zeiteinheit mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit zustoßen. Für diese sogenannten **Elementarereignisse** werden die Wahrscheinlichkeit ihres Eintreffens und die voraussichtliche zukünftige Entwicklung dieser Wahrscheinlichkeiten modellextern geschätzt, und zwar gesondert für jede der drei Haushaltsaltersgruppen und der vier Qualitätsstufen bei den Wohnungen. Bisher wurden fünfzehn Elementarereignisse für die Haushalte festgelegt:

- Einbürgerung,
- Altern,
- Heirat,
- Geburt (Inländer),
- Geburt (Ausländer),
- Zuzug Angehöriger,
- Tod,
- Tod (Kind),
- Heirat (Kind),
- Auszug Kind,
- Scheidung,
- Einkommenssteigerung,
- Einkommensverringerung,
- Ende Erwerbstätigkeit,
- Beginn Erwerbstätigkeit;

und drei für die Wohnungen:

- Alterung (Verfall),
- Modernisierung,
- Abriß.

Bei den Haushalten treffen nicht alle Elementarereignisse alle Haushalte in gleichem Maße. Einige Ereignisse betreffen nur Einpersonenhaushalte, andere nur Mehrpersonenhaushalte, einige nur Kinder, andere nur Erwachsene. Einige Ereignisse bei den Haushalten ziehen Ereignisse bei den Wohnungen nach sich und umgekehrt: Wo Haushalte aufgelöst werden, stehen Wohnungen leer, und wo Wohnungen abgerissen werden, werden Haushalte auf die Straße gesetzt.

Die Elementarereignisse der Wohnungen umfassen nur diejenigen Veränderungen des Wohnungsbestands, die in jedem Wohngebiet unter normalen Bedingungen erwartet werden können, d. h. normalen Gebäudeverfall durch Alterung, soweit er nicht durch Instandsetzungsarbeiten der Bewohner oder Eigentümer aufgehalten wird, Einzelmodernisierungen durch die Eigentümer und Abrisse wegen Baufälligkeit. Zusätzlich treten Modernisierung und Abriß später im Teilmodell der privaten Bautätigkeit auf: Modernisierung als mögliche Reaktion der Wohnungsbauinvestoren auf die Nachfragesituation auf dem Wohnungsmarkt, Abriß bei Verdrängung von Wohnnutzung durch gewerbliche Nutzungen. Darüber hinaus sind Modernisierung und Abriß mögliche Planungseingriffe im Teilmodell der öffentlichen Bautätigkeit.

Die Eintrittswahrscheinlichkeiten der Elementarereignisse werden dann zu **Übergangsquoten HH und WW** für die Haushalts- und Wohnungstypen der Typengrobstruktur aggregiert. Ihre Berechnung erfolgt für jede Zone neu auf der Grundlage der Typenfeinstruktur ihrer Haushalte und Wohnungen. Die Übergangsquoten sind definiert als die Wahrscheinlichkeit, daß ein Haushalt oder eine Wohnung eines bestimmten Typs in einer Simulationsperiode in einen anderen Typ überwechselt. Die meisten Elementarereignisse sind unabhängig voneinander, so daß ihre Wahrscheinlichkeiten multiplikativ aggregiert werden können; andere schließen einander aus, d. h. ihre Wahrscheinlichkeiten sind komplementär. Die Multiplikation der Wohnungsversorgungsmatrix HW mit den beiden Übergangsquotenmatrizen HH und WW ergibt die um eine Periode fortgeschriebene Matrix HW (Abb. 6). Dieses Verfahren impliziert die Hypothese, daß für alle Haushalte eines bestimmten Typs die gleichen Übergangsquoten gelten, unabhängig vom Typ der Wohnung, in dem sie leben, und umgekehrt.

Besondere Vorkehrungen sind für Ereignisse erforderlich, durch die die Gesamtzahl der Haushalte oder Wohnungen der Zone verändert wird. Solche Ereignisse sind Heirat oder Heirat eines Kindes, Scheidung, Tod, Auszug eines Kindes oder Abriß einer Wohnung. Einige dieser Ereignisse erzeugen einen neuen Haushalt ohne Wohnung oder eine leere Wohnung, d. h. erfordern eine Änderung der Vektoren H oder W. Darüber hinaus werden auch Haushalte ohne Wohnung älter, und auch leere Wohnungen altern, d. h. die Vektoren H und W müssen selber fortgeschrieben werden.

Darüber hinaus werden alle **inflationsabhängigen,** d. h. im Modell rein zeitabhängigen Veränderungen der für das Modell relevanten Preise wie Lebenshaltungskosten, Fahrtkosten, Baukosten, Mieten (bzw. Mietgleichwerte bei Eigentumswohnungen) und Bodenpreise ausgeführt sowie die Einkommen der Haushalte fortgeschrieben. Aus der Entwicklung der Wohnkosten und der übrigen Lebenshaltungskosten wird sodann für jeden Haushaltstyp der mittlere Anteil der Wohnkosten am Einkommen, d. h. seine „Mietzahlungsbereitschaft" in der laufenden Periode geschätzt.

3.2 Teilmodell Wanderungen

Im zweiten Teilmodell, dem **Wanderungsmodell,** werden kleinräumige Wanderungsentscheidungen simuliert. „Wanderungen" sind mit einem Wohnungswechsel verbundene Ortsveränderungen von Haushalten. Folglich ist das kleinräumige Wanderungsmodell das eigentliche **Wohnungsmarktmodell.**

Beim Eintritt in das Teilmodell Wanderungen liegt folgende Situation vor: Alle Haushalte und Wohnungen sind um eine Simulationsperiode fortgeschrieben, d. h. sie repräsentieren den Zustand des Haushalts- und Wohnungsbestands am Ende der laufenden Simulationsperiode. Mit einer Einschränkung: Noch ist kein Haushalt in eine andere Wohnung gezogen. Mit anderen Worten: Alle Haushalte sind um eine Simulationsperiode in ihrem Lebenszyklus fortgeschritten – sie sind älter geworden, haben vielleicht Kinder bekommen, ihr Einkommen hat sich erhöht – aber ihre Wohnung ist immer noch dieselbe oder hat sich vielleicht sogar verschlechtert. Zugleich sind die Ansprüche der Haushalte in bezug auf Wohnfläche, Wohnkomfort und Wohnumfeld während der abgelaufenen Periode allgemein weiter gestiegen. Man darf annehmen, daß viele Haushalte, die zu Beginn der Simulationsperiode noch zufrieden mit ihrer Wohnsituation waren, nun mit ihr unzufrieden sind und sie gern verbessern würden. Diese Haushalte sind die potentiellen Umzügler der jetzt beginnenden Wohnungsmarktsimulation.

Die potentiellen Umzüglerhaushalte einer Zone sind mit in der Matrix HW der Zone enthalten. Daneben gibt es Haushalte ohne eigene Wohnung: Untermieter oder neugegründete Haushalte oder Haushalte, die ihre Wohnung unfreiwillig verlassen mußten. Sie sind im Vektor H

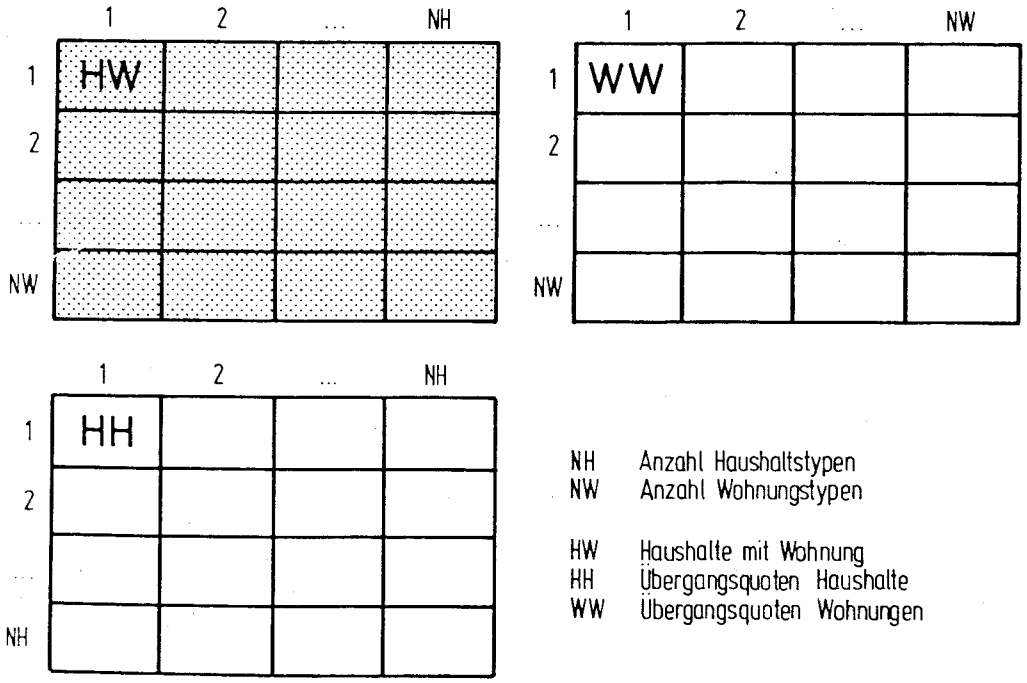

Abb. 6: Fortschreibung der Haushalte und Wohnungen einer Zone als Markoffmodell

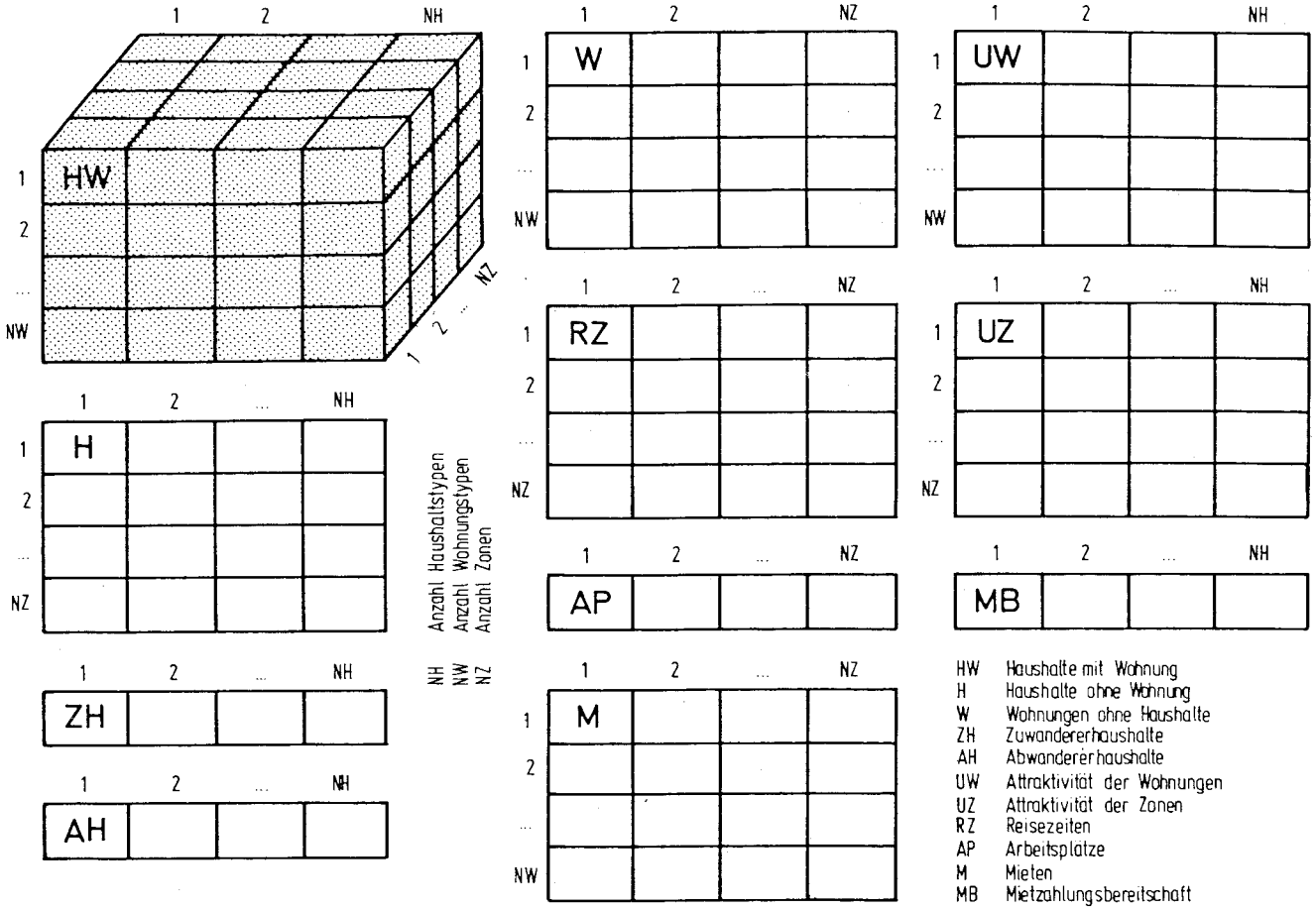

Abb. 7: Der Wohnungsmarkt im Wohnungsmarktmodell

der Zone gespeichert. Darüber hinaus wurden vom Regionenmodell zwei zusätzliche Vektoren übermittelt: Der Vektor ZH enthält Haushalte, die während der Simulationsperiode von anderen Regionen in die Untersuchungsregion zuwandern, und der Vektor AH Haushalte, die aus der Region fortziehen. Beide Vektoren sind von einem anderen, hier nicht dargestellten Modellteil, der Schnittstelle zum Regionenmodell, demographisch fortgeschrieben, so daß sie mit den Haushalten der Region altersmäßig vergleichbar sind. Zuwandererhaushalte werden im Modell wie Haushalte ohne Wohnung behandelt, nur daß sie keiner besonderen Zone zugeordnet sind. Abwandererhaushalte sind von Interesse, weil sie eine Wohnung freimachen.

Auf der Wohnungsseite ist die Situation einfacher. Eine Wohnung kann entweder bewohnt oder leer sein. Im ersteren Fall ist sie in der Matrix HW, im zweiten Fall im Vektor W der Zone enthalten. Zu Beginn der Wohnungsmarktsimulation enthält der Vektor W leere Wohnungen, die entweder in der abgelaufenen Simulationsperiode durch Haushaltsauflösungen freigeworden oder als Leerwohnungen aus früheren Perioden übriggeblieben sind. Außerdem kann der Vektor W neue oder modernisierte Wohnungen enthalten, die in früheren Perioden begonnen und in der abgelaufenen Periode fertiggestellt worden sind.

Mit der Matrix HW und den Vektoren H und W jeder Zone sowie den beiden Vektoren ZH und AH ist die Situation auf dem Wohnungsmarkt der Region zu Beginn der Wohnungsmarktsimulation vollständig abgebildet. Dabei repräsentieren die Vektoren H und ZH die Wohnungsnachfrage, die Vektoren W und AH das Wohnungsangebot. Die Matrix HW ist wegen der engen Verbindung zwischen Wohnungsangebot und Wohnungsnachfrage über die bei Umzügen freiwerdenden Wohnungen sowohl der Nachfrage als auch dem Angebot zuzurechnen. Allerdings steht zu diesem Zeitpunkt noch nicht fest, welche von den Haushalten in der Matrix HW tatsächlich während dieser Simulationsperiode umziehen.

Abb. 7 veranschaulicht die Situation zu Beginn der Wohnungsmarktsimulation, wie sie im Computer abgebildet wird. Anders als im Fortschreibungsmodell müssen jetzt Informationen über alle Zonen gleichzeitig verfügbar sein, da mit den Wanderungen Interaktionen zwischen ihnen simuliert werden. Deshalb wird die Matrix HW durch Hinzufügung der Zonendimension dreidimensional, und aus den Vektoren H und W werden zweidimensionale Matrizen. In allen Vektoren und Matrizen wird die Typengrobstruktur mit bis zu 30 Haushalts- bzw. Wohnungstypen verwendet.

Abb. 7 enthält noch einige weitere Vektoren und Matrizen. Sie liefern die zur Abbildung der Entscheidungssituation der Haushalte und Wohnungseigentümer notwendigen Informationen und werden im folgenden beschrieben.

Wie in Kapitel 2 ausgeführt, beruht das Wohnungsmarktmodell auf der Annahme, daß alle Haushalte im Rahmen ihrer eingeschränkten Informations- und Wahlmöglichkeiten danach streben, ihre Wohnsituation oder genauer ihre subjektive Einschätzung ihrer Wohnsituation, d. h. ihre Wohnzufriedenheit, zu verbessern.

Die Zufriedenheit eines Haushalts mit seiner Wohnsituation ist gleich der **Attraktivität** der Wohnung für den Haushalt. Die Attraktivität der Wohnungen aus der Sicht der Haushalte wird im Modell durch eine mehrdimensionale Präferenzfunktion mit den Dimensionen oder Teilattraktivitäten „Wohnung", „Zone" (Wohnungsumfeld), „Lage zum Arbeitsplatz" und „Miete" (Wohnkosten) ausgedrückt. Zwei dieser vier Dimensionen sind selbst mehrdimensional:

- Die Teilattraktivität **„Wohnung"** ist aus den Merkmalen zusammengesetzt, die einen Wohnungstyp definieren: Gebäudeart, Eigentumsform, Zimmerzahl und Qualitätsstufe.
- Die Teilattraktivität **„Zone"** umfaßt mehrere aus den Statusvariablen der Zonen ausgewählte oder zusammengesetzte Indikatoren. Das Modell enthält für jede Zone etwa 300 Statusvariablen aus den Bereichen Bevölkerung, Arbeitsplätze, Gebäude, öffentliche Einrichtungen, Verkehr und Flächennutzung, welche stets auf den neuesten Stand der Simulation fortgeschrieben und auf einer Datei bereitgehalten werden. Außerdem werden Erreichbarkeitsindizes, die die Lage der Zone zu den Arbeitsplätzen, Versorgungs-, Bildungs- und Erholungseinrichtungen in anderen Zonen ausdrücken, berechnet und ebenfalls auf der Datei gespeichert.

Die Bewertung und Zusammenfassung der Attraktivitätsmerkmale erfolgt mit Hilfe des aus der Nutzwertanalyse bekannten additiven Nutzungsmodells der multiattributiven Nutzentheorie (MAUT). Die dabei erforderlichen drei Rechenschritte sind in Abb. 8 dargestellt. Die in der Abbildung verwendeten Namen und Funktionen haben nur Beispielcharakter:

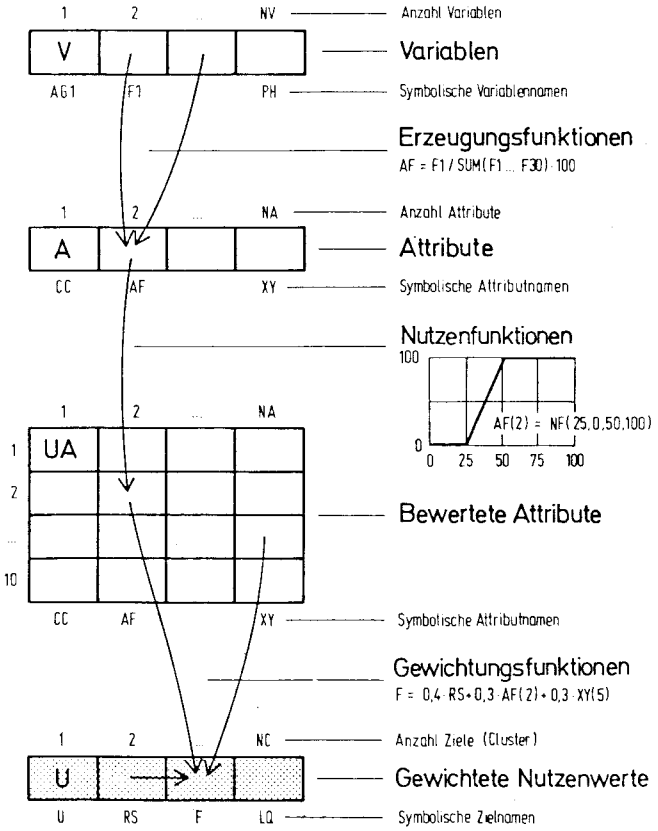

Abb. 8: Berechnung der Attraktivitäten

Schritt 1: Aus den die Wohnung oder Zone beschreibenden Variablen V werden durch **Erzeugungsfunktionen** Attraktivitätsmerkmale („Attribute") A gebildet.

Schritt 2: Die Attribute A werden mit Hilfe von **Nutzenfunktionen** bewertet, d. h. in Teilnutzenwerte UA transformiert.

Schritt 3: Die Teilnutzenwerte UA werden mit Hilfe von **Gewichtungsfunktionen** zu einem Gesamtnutzenwert U aggregiert.

Es gibt so viele Präferenzsysteme wie Haushaltstypen, da die Haushaltstypen je nach ihrer Größe, Stellung im Lebenszyklus und Einkommen unterschiedliche Wohnbedürfnisse und Wohnwünsche haben. die Präferenzsysteme der Haushaltstypen unterscheiden sich daher in ihren Attributen, Nutzenfunktionen und Gewichten. Mehr noch, die Präferenzsysteme verändern sich in der Zeit in dem Maße, in dem die Anspruchsniveaus steigen und neue Bedürfnisse entdeckt werden, und diese Veränderungen sind nicht für alle Haushalte gleich.

Zur Erleichterung der Formulierung und Eingabe einer großen Zahl multiattributiver, zeitvarianter Präferenzsysteme wurde eine Eingabesprache bestehend aus Erzeugungsfunktionen, Nutzenfunktionen und Gewichtungsfunktionen entwickelt. Das Simulationsmodell liest diese Funktionen und verarbeitet sie, als wären sie ein Teil des Computerprogramms des Simulationsmodells. Die Sprache erlaubt die Eingabe der drei Funktionstypen in einfacher mathematischer Notation ähnlich den Beispielfunktionen in Abb. 8 unter Verwendung symbolischer Variablennamen. Zu jeder Nutzenfunktion gehört eine Erzeugungsfunktion, jedoch können sich mehrere Nutzenfunktionen auf ein und dieselbe Erzeugungsfunktion beziehen. Die eingegebenen Erzeugungs- und Nutzenfunktionen gelten für alle Haushaltstypen, d. h. alle Haushaltstypen können alle eingegebenen Erzeugungs- und Nutzenfunktionen verwenden. Die Gewichtungsfunktionen dagegen sind für jeden Haushaltstyp verschieden: Mit ihrer Hilfe werden für jeden Haushaltstyp relevante Teilbewertungen, d. h. Kombinationen von Attributen und Nutzenfunktionen, ausgewählt und gewichtet zu übergeordneten Nutzenmaßen zusammengefaßt. Für verschiedene Zeitpunkte der Simulation können unterschiedliche Gewichtungsfunktionen mit unterschiedlichen Attributen, Nutzenfunktionen oder Gewichten vorgegeben werden. Das verarbeitende Programm interpoliert zwischen entfernten Zeitpunkten, so daß auch allmähliche Veränderungen der Präferenzen eingegeben werden können.

Die zwei verbleibenden Dimensionen der Wohnzufriedenheit haben jede nur ein Attribut. Die Teilattraktivität **„Lage zum Arbeitsplatz"** wird durch die Variable „Erreichbarkeit des Arbeitsplatzes", ausgedrückt als mittlere Reisezeit aus ÖPNV und Straßenverkehr, im Modell repräsentiert. Eine typische Nutzenfunktion für dieses Merkmal ist in Abb. 9 wiedergegeben.:

Die besondere Berücksichtigung der Lage der Wohnung zum Arbeitsplatz trägt der Tatsache Rechnung, daß dies das für Haushalte mit Abstand wichtigste Lagemerkmal ist und vielleicht das einzige, das überhaupt eine wirksame Restriktion bei der Wahl eines Wohnstandorts bildet. Weitere Lagemerkmale sind, wie erwähnt, in Form der Erreichbarkeitsindizes unter den Merkmalen der Attraktivitätsdimension „Zone" enthalten.

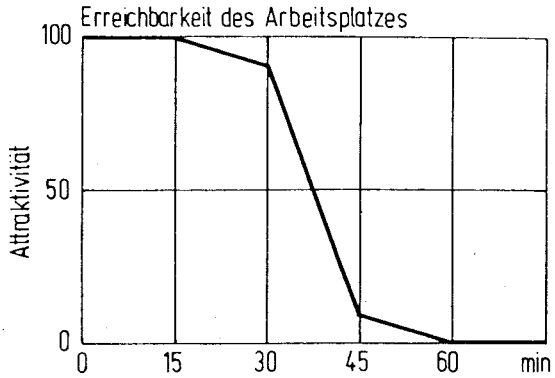

Abb. 9: Nutzenfunktion Erreichbarkeit des Arbeitsplatzes (Beispiel)

Die zweite Attraktivitätsdimension mit nur einem Attribut ist die Teilattraktivität **„Miete"**. Ihr einziges Attribut ist die Miete bzw. der Mietgleichwert der Wohnung einschließlich Nebenkosten im Verhältnis zur Mietzahlungsbereitschaft des Haushalts. Die dazugehörige Nutzenfunktion sieht etwa so aus wie die in Abb. 10:

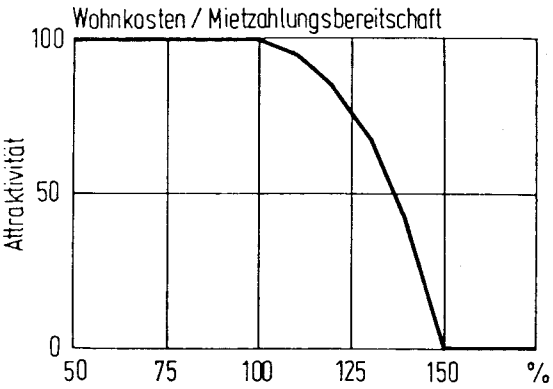

Abb. 10: Nutzenfunktion Wohnkosten im Verhältnis zur Mietzahlungsbereitschaft (Beispiel)

Die Matrizen UW, UZ, RZ und M und die Vektoren AP und MB (vgl. Abb. 7) dienen dazu, die vier Dimensionen der Wohnzufriedenheit während der Wohnungsmarktsimulation zu ermitteln: UW und UZ enthalten die Teilattraktivitäten „Wohnung" und „Zone" aller Wohnungen bzw. Zonen aus der Sicht aller Haushaltstypen. Diese Teilattraktivitäten verändern sich während der Simulationsperiode nicht und können daher bereits im Statusbeschreibungsteil des Modells im voraus berechnet werden. Die Teilattraktivität „Lage zum Arbeitsplatz" wird mit Hilfe des Vektors AP der Arbeitsplätze der Zonen und der Reisezeitmatrix RZ berechnet, aus Speicherplatzgründen jedoch immer erst dann, wenn sie benötigt wird. Dasselbe gilt für die Teilattraktivität „Miete": Sie wird jeweils bei Bedarf aus der Miete der Wohnung und der Mietzahlungsbereitschaft des Haushalts berechnet. Die Mieten sämtlicher Wohnungstypen aller Zonen sind in der Matrix M, die Mietzahlungsbereitschaft aller Haushaltstypen im Vektor MB gespeichert und im Teilmodell Fortschreibung auf den neuesten Stand gebracht worden.

Mit dem Inhalt der in Abb. 7 dargestellten Vektoren und Matrizen sind alle vom Modell für die Simulation des

eigentlichen Wohnungsmarktprozesses benötigten Informationen beisammen.

Diese Simulation wirft eine Reihe schwieriger methodischer Probleme auf. Erstens ist zu Beginn der Wohnungsmarktsimulation noch nicht bekannt, welche Haushälte der Matrix HW sich schließlich zu einem Umzug entschließen werden, denn das hängt nicht zuletzt davon ab, welches Wohnungsangebot sie auf dem Wohnungsmarkt vorfinden. Das Wohnungsangebot jedoch ist ebenfalls noch weitgehend unbekannt, da es zum großen Teil aus Wohnungen besteht, die erst im Verlauf des Wohnungsmarkts von umziehenden Haushalten freigemacht werden, d. h. von eben den Umzugsentscheidungen abhängt, die noch unbekannt sind. Mit anderen Worten: Der Wohnungsmarkt stellt, im Unterschied zu vielen anderen Märkten, ein kompliziertes **Kettentauschsystem** dar. Zweitens ist die Information der Marktteilnehmer über den Wohnungsmarkt im allgemeinen sehr gering. Das heißt vor allem, daß die wohnungssuchenden Haushalte nur einen relativ kleinen Ausschnitt des Wohnungsangebots prüfen, ehe sie eine Entscheidung fällen. Drittens gibt es auf dem Wohnungsmarkt keinen wirklichen Wettbewerb: Eine angebotene Wohnung wird nicht an den meistbietenden Haushalt vergeben, sondern häufig an den ersten nachfragenden Haushalt oder nach änderen, zum Teil nichtökonomischen Kriterien.

Zur Überwindung dieser Schwierigkeiten wird für die Simulation des Wohnungsmarkts das Verfahren der **Monte-Carlo-Simulation** verwendet. Die Wahl dieser Simulationstechnik beruht auf der Annahme, daß der Wohnungsmarktprozeß ausreichend genau durch die Simulation einer repräsentativen Stichprobe von Marktvorgängen simuliert werden kann. Zu diesem Zweck besteht das Modell aus einer Abfolge von Auswahloperationen, mit denen hypothetische Marktvorgänge erzeugt werden. Der Auswahlprozeß wird durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen so gesteuert, daß die ausgewählten Marktvorgänge repräsentativ für den gesamten Marktprozeß sind.

Technisch ausgedrückt bedeutet das Monte-Carlo-Verfahren das wiederholte Spielen einer Roulettepartie, bei der bestimmte Zahlenkombinationen größere Gewinnchancen haben als andere. Im Computer wird das durch die Projektion einer gleichverteilten Zufallszahl auf eine kumulative Wahrscheinlichkeitsverteilung mit den gewünschten Eigenschaften nachgeahmt.

Diese stochastische Simulationstechnik hat viele Vorteile. Wie keine andere erlaubt sie das simultane Eingehen auf objektive und subjektive, ökonomische und nichtökonomische Bestimmungsgründe der individuellen Entscheidungssituation der wandernden bzw. nichtwandernden Haushalte, die Berücksichtigung ihrer beschränkten Informations- und Auswahlmöglichkeiten bei der Wohnungssuche sowie die Verarbeitung psychologisch begründeter Hypothesen über ihr Verhalten bei erfolgreichen oder erfolglosen Sucherfahrungen. Insbesondere erlaubt sie, die für die Entwicklung der Siedlungsstruktur so bedeutsame Entscheidung der Haushalte zwischen Fernpendeln und Nahwandern durch explizite Berücksichtigung des Arbeitsplatzstandorts bei der Wohnstandortwahl im Modell sichtbar zu machen. Im übrigen löst das Monte-Carlo-Verfahren das Problem der Darstellung von Wohnungstauschketten auf einfache und natürliche Weise.

Ein **Marktvorgang** ist jede erfolgreich abgeschlossene Transaktion auf dem Wohnungsmarkt, durch die eine Wanderung ausgelöst wird. Ein Marktvorgang kann auf zweierlei Weise beginnen: Ein Haushalt beschließt, nach einer Wohnung zu suchen **(„Wohnungssuche")**, oder ein Wohnungseigentümer beschließt, eine Wohnung auf dem Wohnungsmarkt anzubieten **(„Wohnungsangebot")**. In beiden Fällen kann es sich um unterschiedliche Wanderungsfälle handeln: Der Haushalt kann die Region verlassen **(„Fortzug")**, in die Region zuziehen **(„Zuzug")**, erstmalig eine eigene Wohnung beziehen **(„Einzug")** oder von einer Wohnung in eine andere umziehen **(„Umzug")**. Für den Wohnungseigentümer, der eine Wohnung anbietet, sind nur die letzten drei Wanderungsfälle von Interesse.

Die Wohnungsmarktsimulation beginnt mit der Wahl der Art des Marktvorgangs und des Wanderungsfalls. Bei der Wahl der Art des Marktvorgangs wird vorläufig angenommen, daß der Vorgang „Wohnungssuche" ebenso häufig vorkommt wie der Vorgang „Wohnungsangebot", doch kann dieses Verhältnis bei Bedarf verändert werden. Die Wahl des Wanderungsfalls erfolgt proportional zu den insgesamt von jedem Wanderungsfall auszuführenden Wanderungen, d. h. im Verhältnis der Summen der Vektoren AH, ZH und H für die ersten drei Wanderungsfälle. Für den vierten Wanderungsfall „Umzug" muß eine vorläufige Schätzung des Anteils der Umzügler in der Matrix HW vorgegeben werden.

Nach der Auswahl des Wanderungsfalls werden die übrigen Parameter des Marktvorgangs festgelegt. Eine Transaktion auf dem Wohnungsmarkt ist vollständig definiert, wenn die folgenden sechs Parameter bekannt sind:

IH	Haushaltstyp
IW	Alter Wohnungstyp
IZ	Alte Zone
LZ	Arbeitszone
JW	Neuer Wohnungstyp
JZ	Neue Zone

Ein Umzug zum Beispiel ist die Wanderung eines Haushalts vom Typ IH, dessen Haushaltsvorstand in der Zone LZ arbeitet, von einer Wohnung vom Typ IW in der Zone IZ in eine Wohnung vom Typ JW in der Zone JZ. Für die ersten drei Wanderungsfälle brauchen nicht alle sechs Parameter bestimmt zu werden: Für Haushalte ohne Wohnung kann kein IW angegeben werden, für Zuwandererhaushalte auch kein IZ, dagegen wird angenommen, daß die Zuwanderer bereits einen Arbeitsplatz in LZ haben. Bei Abwandererhaushalten sind nur IH, IW und IZ von Interesse.

In Abb. 11 sind für jeden Wanderungsfall bei Wohnungssuche und Wohnungsangebot die zur Definition eines Marktvorgangs erforderlichen Auswahlschritte dargestellt. In jedem Auswahlschritt wird ein zusätzlicher Parameter bestimmt, bis die Markttransaktion vollständig definiert ist.

In Abb. 12 sind die bei den einzelnen Schritten verwendeten Auswahlwahrscheinlichkeiten angegeben, genauer die relative, d. h. noch nicht auf eins normalisierte Wahrscheinlichkeit, daß ein bestimmter Parameterwert ausgewählt wird. Zur Verdeutlichung hier ein Beispiel: Im Fall des umzugswilligen Haushalts (Spalte „Wohnungssuche", Zeile „Umzug") werden zunächst der

Beginn des Marktvorgangs						
Wohnungssuche				Wohnungsangebot		
Fortzug	Zuzug	Einzug	Umzug	Zuzug	Einzug	Umzug
Haushalt vom Typ IH	Haushalt vom Typ IH	Haushalt vom Typ IH	Haushalt vom Typ IH	Wohnung vom Typ JW	Wohnung vom Typ JW	Wohnung vom Typ JW
bisher wohnhaft in Zone IZ		bisher wohnhaft in Zone IZ	bisher wohnhaft in Zone IZ	in Zone JZ wird geprüft von	in Zone JZ wird geprüft von	in Zone JZ wird geprüft von
in Wohnung vom Typ IW			in Wohnung vom Typ IW	Haushalt vom Typ IH	Haushalt vom Typ IH	Haushalt vom Typ IH
	mit Arbeitsplatz in Zone LZ	mit Arbeitsplatz in Zone LZ	mit Arbeitsplatz in Zone LZ	mit Arbeitsplatz in Zone LZ	mit Arbeitsplatz in Zone LZ	mit Arbeitsplatz in Zone LZ
	prüft Wohnung vom Typ JW	prüft Wohnung vom Typ JW	prüft Wohnung vom Typ JW		bisher wohnhaft in Zone IZ	bisher wohnhaft in Zone IZ
	in Zone JZ	in Zone JZ	in Zone JZ			in Wohnung vom Typ IW
	Entscheidung	Entscheidung	Entscheidung	Entscheidung	Entscheidung	Entscheidung
gibt alte Wohnung frei			gibt alte Wohnung frei			gibt alte Wohnung frei
Ende des Marktvorgangs						

Abb. 11: Marktvorgänge im Wohnungsmarktmodell

Haushaltstyp IH und Zone und Typ der bisherigen Wohnung (IZ, IW) ausgewählt. Diese ersten drei Auswahlschritte zeigen, daß Haushalte, die mit ihrer Wohnsituation unzufrieden sind, häufiger ausgewählt werden als andere. Im nächsten Schritt wird gefragt, in welcher Zone LZ der Haushaltsvorstand des ausgewählten Haushalts seinen Arbeitsplatz hat. Dieser Schritt stellt eigentlich ein einfaches Fahrtenverteilungs- oder Pendlermodell dar. Die ausgewählte Arbeitszone spielt später bei der Wahl der neuen Wohnzone eine Rolle. Aber erst überlegt der Haushalt, welchen Wohnungstyp er unter Berücksichtigung seiner Wohnpräferenzen UW und der Angebotssituation auf dem Wohnungsmarkt anstreben soll. Dabei muß er für die Miete vorerst einen Durchschnittswert ansetzen, da die Miete eines Wohnungstyps in den einzelnen Zonen unterschiedlich ist, und die neue Wohnzone noch nicht feststeht. Die Wahl der Zone erfolgt im letzten Auswahlschritt: Es wird eine Zone JZ gesucht, die nahe genug an LZ liegt, für den Haushalt eine möglichst hohe Attraktivität besitzt und mindestens eine leere Wohnung vom Typ JW zu einem annehmbaren Mietpreis enthält.

Die übrigen Wanderungsfälle der Abb. 12 können in ähnlicher Weise interpretiert werden. Die vier Dimensionen der Wohnzufriedenheit UW, UZ, UL und UM werden grundsätzlich additiv verknüpft. Wenn jedoch eine der vier Teilattraktivitäten den Wert null hat, wird die gesamte Wohnzufriedenheit null gesetzt. Hierdurch wird sichergestellt, daß nur Wohnungen ausgewählt werden, die in allen vier Dimensionen mindestens akzeptable Werte aufweisen. Das heißt, daß unter Umständen auch eine multiplikative Verknüpfung sinnvoll sein könnte.

Wenn der Marktvorgang vollständig definiert ist, kann die eigentliche Wanderungsentscheidung gefällt werden. Sie steht außer Frage für Abwandererhaushalte: Sie wandern ab. Die übrigen Haushalte vergleichen ihre bisherige Wohnsituation mit derjenigen Wohnsituation, die sie bei Annahme der angebotenen Wohnung gewinnen würden. Das Modell unterstellt, daß sie annehmen, wenn sie ihre Wohnsituation so erheblich verbessern können, daß die Mühe und Kosten des Umzugs wettgemacht werden.

Die Frage, was eine erhebliche Verbesserung ist, muß im Verlauf der Modelleichung herausgefunden werden. Das Maß für die Verbesserung ist die Differenz zwischen der Zufriedenheit mit der alten Wohnsituation und der erwarteten Zufriedenheit mit der neuen Wohnsituation. Zuwandererhaushalte und Haushalte ohne Wohnung erhalten eine fiktive „alte" Wohnzufriedenheit, die der durchschnittlichen Wohnzufriedenheit aller Haushalte der Region entspricht.

Ist die erreichbare Verbesserung erheblich, entschließt sich der Haushalt zur Wanderung. In diesem Fall werden alle erforderlichen Änderungen in HW, H, ZH, AH und W ausgeführt. Dabei zeigt sich ein großer Vorteil des angewendeten Simulationsverfahrens: Die durch Umzug oder Abwanderung freiwerdenden Wohnungen erscheinen sofort wieder in der Matrix W als leere Wohnungen und stehen damit im Wohnungsangebot zur Verfügung.

Ist die erreichbare Verbesserung zu gering, lehnt der Haushalt ab. Dann macht der wohnungssuchende Haushalt noch zwei weitere Versuche, eine Wohnung zu finden. Bei jedem Versuch ist er mit einer geringeren Verbesserung zufrieden, d. h. er reduziert seine Ansprüche. Auf keinen Fall jedoch akzeptiert er eine Wohnung, durch die sich seine Wohnsituation verschlechtern würde. Nach drei erfolglosen Versuchen gibt der Haushalt auf

	Wohnungssuche		Wohnungsangebot	
		Auswahlwahrscheinlichkeit		Auswahlwahrscheinlichkeit
Fortzug	IH	AH(IH)	-	
	IZ	ΣHW(IH,*,IZ)	-	
	IW	HW(IH,IW,IZ)	-	
Zuzug	IH	ZH(IH)	JW	ΣW(JW,*)
	LZ	AP(LZ)	JZ	W(JW,JZ)
	JW	(UW(JW)+UM(JW,*))·ΣW(JW,*)	IH	(UW(JW)+UZ(JZ)+UM(JW,JZ))·ZH(IH)
	JZ	(UW(JW)+UZ(JZ)+UL(LZ,JZ)+UW(JW,JZ))·W(JW,JZ)	LZ	UL(LZ,JZ)·AP(LZ)
Einzug	IH	ΣH(IH,*)	JW	ΣW(JW,*)
	IZ	H(IH,IZ)	JZ	W(JW,JZ)
	LZ	UL(IZ,LZ)·AP(LZ)	IH	(UW(JW)+UZ(JZ)+UM(JW,JZ))·ΣH(IH,*)
	JW	(UW(JW)+UM(JW,*))·ΣW(JW,*)	LZ	UL(LZ,JZ)·AP(LZ)
	JZ	(UW(JW)+UZ(JZ)+UL(LZ,JZ)+UM(JW,JZ))·W(JW,JZ)	IZ	UL(IZ,LZ)·H(IH,IZ)
Umzug	IH	ΣHW(IH,*,*)	JW	ΣW(JW,*)
	IZ	(100-UZ(IZ))·ΣHW(IH,*,IZ)	JZ	W(JW,JZ)
	IW	(100-UW(IW))·HW(IH,IW,IZ)	IH	(UW(JW)+UZ(JZ)+UM(JW,JZ))·ΣHW(IH,*,*)
	LZ	UL(IZ,LZ)·AP(LZ)	LZ	UL(LZ,JZ)·AP(LZ)
	JW	(UW(JW)+UM(JW,*))·ΣW(JW,*)	IZ	UL(IZ,LZ)·(100-UZ(IZ))·ΣHW(IH,*,IZ)
	JZ	(UW(JW)+UZ(JZ)+UL(LZ,JZ)+UM(JW,JZ))·W(JW,JZ)	IW	(100-UW(IW))·HW(IH,IW,IZ)

IH	Haushaltstyp	HW	Haushalte mit Wohnung	UW	Attraktivität der Wohnung
IW	Alter Wohnungstyp	H	Haushalte ohne Wohnung	UZ	Attraktivität der Zone
IZ	Alte Zone	W	Wohnungen ohne Haushalte	UL	Attraktivität der Lage zum Arbeitsplatz
LZ	Arbeitszone	ZH	Zuwandererhaushalte	UM	Attraktivität der Miete
JW	Neuer Wohnungstyp	AH	Abwandererhaushalte	*	Summe oder Mittelwert
JZ	Neue Zone	AP	Arbeitsplätze		

Abb. 12: Auswahlwahrscheinlichkeiten für die Marktvorgänge bei der Monte-Carlo-Simulation des Wohnungsmarktes

und verzichtet auf einen Umzug. Die positiven oder negativen Sucherfahrungen eines jeden Haushalts werden gespeichert, so daß andere Haushalte desselben Typs von ihnen lernen können.

Wird eine von einem Wohnungseigentümer auf dem Markt angebotene Wohnung von einem Haushalt abgelehnt, versucht der Wohnungseigentümer, einen anderen Haushalt zu finden, aber während der laufenden Simulationsperiode senkt er die Miete der Wohnung nicht. Wird eine Wohnung nacheinander von allen Haushaltstypen abgelehnt, wird sie als nicht absetzbar bezeichnet und für diese Simulationsperiode aus dem Markt genommen.

Bei allen Marktvorgängen versucht das Modell so früh wie möglich zu erkennen, ob die im Aufbau befindliche Markttransaktion Erfolgsaussichten hat oder nicht. Dies wird durch die Reihenfolge der Auswahlschritte und zahlreiche Tests in oder zwischen den Auswahlschritten erreicht. Geht ein solcher Test negativ aus, wird der Auswahlschritt wiederholt oder der Marktvorgang abgebrochen. Auf diese Weise werden nur für Marktvorgänge mit guten Erfolgsaussichten alle Auswahlschritte durchgeführt.

Nach dem erfolgreichen Abschluß oder dem endgültigen Abbruch eines Marktvorgangs wird der nächste Marktvorgang begonnen. Der Wohnungsmarkt ist beendet, wenn es keine umzugswilligen Haushalte mehr gibt. Es wird unterstellt, daß dies der Fall ist, wenn eine bestimmte Anzahl von Marktvorgängen erfolglos abgebrochen worden ist. Wie hoch diese Anzahl sein muß, damit die Zahl der im Modell erzeugten Wanderungen mit der Zahl der in der Wirklichkeit beobachteten Wanderungen übereinstimmt, muß während der Kalibration des Modells ermittelt werden.

Alle Haushalte, die bis zum Ende der Wohnungsmarktsimulation nicht umgezogen sind, bleiben in ihrer Wohnung. Haushalte ohne Wohnung, die bis dahin noch keine Wohnung gefunden haben, bleiben oder werden Untermieter. Zuwandererhaushalte, die noch keine Wohnung gefunden haben, suchen eine vorläufige Unterkunft als Untermieter in der Nähe ihres Arbeitsplatzes. Die Abwandererhaushalte wandern in jedem Fall vollständig ab.

Während der Wohnungsmarktsimulation wird jede erfolgreiche Transaktion in einem Wohnungsmarktprotokoll aufgezeichnet. Nach Abschluß der Wohnungsmarktsimulation wird dieses Protokoll ausgewertet. Die Wanderungen werden nach Haushaltstypen zu Wanderungsströmen aggregiert und bilden die Grundlage für die Berechnung der mobilitätsbedingten Veränderungen der Alters- und Einkommensstruktur der einzelnen Zonen und erlauben damit Aussagen über die Entwicklung der

räumlichen Segregation der Bevölkerung. Außerdem wird die Nachfragesituation während der abgelaufenen Wohnungsmarktsimulation rekapituliert. Das Ergebnis dieser Analyse dient zur Überprüfung und gegebenenfalls Anpassung der Angebotsmieten für die nächste Simulationsperiode: Wo in einer Zone zahlreiche Wohnungen eines Typs nicht abgesetzt werden konnten, senken die Wohnungseigentümer die Miete gegenüber der normalen Mietenentwicklung. Wo dagegen sehr attraktive Wohnungen restlos abgesetzt wurden, werden die Mieten über die normale Mietenentwicklung hinaus angehoben.

3.3 Teilmodell Planungseingriffe

Die übrigen zwei Teilmodelle des Zonenmodells werden hier nur kurz skizziert. Eine ausführliche Darstellung befindet sich in Vorbereitung.

Im dritten Teilmodell, dem Teilmodell **Planungseingriffe,** werden Eingriffe des Modellbenutzers in Form von öffentlichen Planungs- und Baumaßnahmen ausgeführt. Das Modell verarbeitet zeitlich und räumlich disaggregierte Maßnahmen aus den Bereichen öffentlicher Wohnungsbau, Industrie- und Gewerbeansiedlung und Infrastruktur.

Die Wohnungsbaumaßnahmen umfassen Neubau, Modernisierung und Abriß nach Umfang, Wohnungstyp, Zone und Jahr. Das Modell prüft jede Maßnahme auf Konsistenz mit den übrigen Modellvorgaben, darunter den Festlegungen der Bauleitplanung, und speichert sie für die spätere Ausführung. Nach einer der Planungs- und Bauzeit entsprechenden Zeitverzögerung wird die Maßnahme dann tatsächlich ausgeführt.

Das bedeutet, daß Wohnungsbaumaßnahmen, die in einer Periode begonnen wurden, erst in einer späteren Periode für den Wohnungsmarkt wirksam werden.

Nach Ausführung der öffentlichen Baumaßnahmen werden alle unmittelbar durch sie verursachten Veränderungen der mittleren Wohnflächen und Mieten der Wohnungstypen der Zonen ausgeführt.

Das Teilmodell Planungseingriffe baut auf Elementen der entsprechenden Teilmodelle des Battelle-Wohnungsmarktmodells und des POLIS-Simulationsmodells auf.

3.4 Teilmodell Private Bautätigkeit

Im vierten Teilmodell, dem Teilmodell **Private Bautätigkeit,** werden die Investitions- und Standortwahlentscheidungen der großen Zahl privater Bauherrn abgebildet, d. h. der Unternehmen, die Industrie- oder Gewerbegebäude errichten, und der Wohnungsbauinvestoren, die Wohnungen oder Einfamilienhäuser zur Vermietung, zum Verkauf oder als Eigenheim für sich selbst bauen.

Die gegenwärtige Version des Modells beruht auf dem entsprechenden Teilmodell des POLIS-Simulationsmodells, ist jedoch wegen der größeren Anzahl von Haushaltstypen, Branchen und Flächennutzungsarten des gegenwärtigen Modells um vieles disaggregierter. Im Prinzip besteht es aus einer Abfolge von Verteilungsmodellen, in denen ein vorher ermitteltes Investitions- oder Bauvolumen unter den Restriktionen der Bauleitplanung auf die für die jeweilige Nutzung verfügbare Baulandreserve verteilt wird. Die Verteilung wird durch mehrdimensionale Attraktivitätsmaße mit den Attraktivitätsdimensionen Nutzungseignung, Lage und Bodenpreis gesteuert. Dabei können unter bestimmten Bedingungen Nutzungen mit hoher Renditeerwartung wirtschaftlich schwächere Nutzungen durch Abriß oder Umnutzung verdrängen.

Das Volumen der privaten Bautätigkeit ist zum Teil durch die Bevölkerungs- und Arbeitsplatzprognosen des Regionenmodells vorgegeben, zum Teil wird es durch den Umfang der öffentlichen Baumaßnahmen bestimmt. Der Umfang der privaten Wohnungsbautätigkeit bei den einzelnen Wohnungstypen wird darüber hinaus durch die Nachfragesituation auf dem Wohnungsmarkt während der abgelaufenen Periode beeinflußt. Dabei wird ähnlich verfahren wie bei der Mietanpassung im Anschluß an die Wohnungsmarktsimulation.

Ebenfalls in diesem Teilmodell erfolgt die private Modernisierung von Wohnungen, soweit sie nachfrageinduziert ist, d. h. über die normale Modernisierungsaktivität hinausgeht.

Wie im Teilmodell der öffentlichen Bautätigkeit wird die Fertigstellung aller privaten Baumaßnahmen gegenüber ihrem Beginn um einen der Planungs- und Bauzeit entsprechenden Zeitraum verzögert. Das bedeutet, daß private Wohnungsbauentscheidungen, mit denen die Wohnungsbauinvestoren in einer Periode auf die Wohnungsmarktsituation reagieren, erst in einer späteren Periode für den Wohnungsmarkt wirksam werden.

Im Anschluß an die Simulation der privaten Bautätigkeit werden ebenfalls die aus ihr resultierenden Änderungen der mittleren Wohnflächen und Mieten ausgeführt. Darüber hinaus werden analog zur Mietenanpassung nach der Wohnungsmarktsimulation nachfrageabhängige Anpassungen der Bodenpreise vorgenommen.

4. Modelldaten und Modelleichung

Datenbeschaffung und Parameterschätzung für das Wohnungsmarktmodell sind gegenwärtig noch nicht abgeschlossen. Daher werden über diese Phase der Modellentwicklung nur einige vorläufige Bemerkungen gemacht.

Von den **Modelldaten** des Zonenmodells sind für das Wohnungsmarktmodell in erster Linie die Haushalts- und Wohnungsdaten von Bedeutung. Hauptdatenquellen für die Haushalts- und Wohnungsdaten sind von der Stadtverwaltung Dortmund für dieses Projekt hergestellte anonymisierte Individualdatenbänder der Gebäude- und Wohnungszählung 1968 und der Volks- und Arbeitsstättenzählung 1970. Sie bilden die Grundlage für die Ermittlung der „Typenfeinstruktur" mit je 120 Haushalts- und Wohnungstypen und der Wohnungsversorgungsmatrix jeder Zone (vgl. 3.1). Die Modellergebnisse werden mit ebenfalls von der Stadt Dortmund zur Verfügung gestellten kleinräumig disaggregierten Bevölkerungs- und Wohnungsdaten des Jahres 1977 konfrontiert.

Die Ausgangsdaten des **Haushaltsbestands** entstammen der Volkszählung 1970. Allerdings umfassen die verfügbaren Datenbänder nur das Stadtgebiet Dortmund mit seinen zehn Stadtbezirken. Für die übrigen Gemeinden des Untersuchungsgebiets müssen daher Schätzungen der Haushaltstypenstruktur auf der Grundlage eindimensionaler Randverteilungen aus veröffentlichten statistischen Tabellen gemacht werden. Hierfür wurde ein Rechenverfahren entwickelt.

Ein besonderes Verfahren wurde zur Schätzung der in den Volkszählungsdaten nicht enthaltenen Einkommensinformationen entwickelt. Mit seiner Hilfe wird jeder Haushalt aufgrund der Schulbildung und Stellung im Beruf des Haushaltsvorstands, welche aus den Datenbändern entnommen werden können, einer der vier Einkommensgruppen zugeordnet. Die vier Einkommensgruppen sind folgendermaßen definiert:

1. Haushalte ohne oder mit sehr geringem Einkommen; Sozialhilfeempfänger; Arbeitslose; Studenten; Lehrlinge;
2. Haushalte mit niedrigem Einkommen (entsprechend BAT VI oder weniger);
3. Haushalte mit mittlerem Einkommen (entsprechend BAT III bis BAT V);
4. Haushalte mit hohem Einkommen (entsprechend BAT II und höher).

Die so ermittelten Einkommensverteilungen wurden anhand von Einkommensverteilungen auf Kreisebene aus der Lohn- und Einkommensteuerstatistik überprüft. Aus Abb. 13 ist zu ersehen, welcher Einkommensgruppe jede Kombination von Schulbildung und Stellung im Beruf zugeordnet wurde:

Schulbildung / Stellung im Beruf	nicht erwerbstätig, Einkommen			erwerbstätig				
	Sozialhilfe usw. 1)	Rente	Vermögen	Arbeiter	Angestellter	Beamter	Selbstständiger	keine Angabe
keine/keine Angabe	1	1	2	1	2	2	2	2
Grundschule	1	2	2	2	2	2	2	2
Berufsschule	1	2	3	2	2	2	3	2
Mittelschule	1	2	3	2	2	3	3	2
Oberschule	1	3	3	2	3	3	3	3
Fachschule	1	3	4	3	3	3	4	3
Ingenieurschule	1	3	4	2	3	3	4	3
Universität	1	4	4	2	4	4	4	4

1) Sozialhilfe, Arbeitslosenunterstützung, Unterstützung durch Verwandte, Studenten, Lehrlinge

Abb. 13: Schätzung von Einkommensgruppen aus Schulbildung und Stellung im Beruf

Für die vier Einkommensgruppen werden zu Beginn jeder Simulationsperiode unter Berücksichtigung der exogen eingegebenen allgemeinen Einkommensentwicklung Nettoeinkommen in DM je Monat berechnet. Ebenfalls zu Beginn jeder Periode werden für jeden Haushaltstyp in Abhängigkeit von seiner gegenwärtigen Kinderzahl und Einkommenshöhe etwaige Kindergeld- und Wohngeldansprüche berechnet.

Die Ausgangsdaten des **Wohnungsbestands** werden der Gebäude- und Wohnungszählung 1968 entnommen. Wie bei den Haushaltsdaten sind auch hier die Datenbänder nur für Dortmund verfügbar, so daß für die Nachbargemeinden Schätzungen der Wohnungstypenstruktur auf der Grundlage von Randverteilungen erforderlich sind. Die Bänder enthalten alle für die Ermittlung der Typenfeinstruktur der Wohnungen benötigten Informationen, dabei ist jedoch die dritte typdefinierende Dimension, die Wohnungsqualität (vgl. 3.1), eine Zusammenfassung mehrerer Wohnungsmerkmale.

Das Verfahren, mit dem aus mehreren Wohnungsmerkmalen ein Indikator „Wohnungsqualität" ermittelt wird, ist ein multi-attributives Bewertungsmodell, wie es auch bei der Berechnung der Attraktivitäten im Modell benutzt wird. Abb. 14 enthält die in ihm verwendeten Attribute mit den dazugehörigen Gewichten. Zu jedem Attribut sind alle auftretenden Attributwerte und die ihnen zugeordneten Nutzenwerte (in Klammern) angegeben.

Das Ergebnis des Bewertungsverfahrens ist ein Nutzenwert, der Werte zwischen null und einhundert annehmen kann. Entsprechend diesem Nutzenwert wurde jede Wohnung einer der folgenden Qualitätsstufen zugeordnet:

0– 53 sehr schlecht
54– 73 schlecht
74– 88 mittel
89–100 hoch

Diese Schwellen wurden so gewählt, daß auf der obersten Qualitätsstufe alle fünf, auf der zweiten Qualitätsstufe vier und auf der dritten Qualitätsstufe drei der Hauptmerkmale aus der Abb. 14 erfüllt sind.

	Attribute	Gewichte
Hauptmerkmale	Zentralheizung · nein (0) · ja (100)	17
	WC · keins oder außerhalb (0) · im Gebäude (30) · in der Wohnung (100)	16
	Bad, Dusche · nein (0) · ja (100)	16
	Küche, Kochgelegenheit · keine (0) · 3+ Zimmer, Kochgelegenheit (40) · 1-2 Zimmer, Kochgelegenheit (100) · Küche (100)	16
	Abgeschlossene Wohnung · nein (0) · ja (100)	15
Nebenmerkmale	Gebäudealter · vor 1919 (0) · 1919-1948 (25) · 1948-1968 (100)	8
	Abwasserbeseitigung · keine (0) · privat (40) · öffentlich (100)	5
	Wohnung oder Räume zu klein · ja (0) · nein (100)	4
	Keller · nein (0) · ja (100)	3
Summe		100

Abb. 14: Bewertung von Wohnungsmerkmalen zur Bildung von Qualitätsstufen

Ein besonderes Problem stellt die Ermittlung der Wohnungsversorgungs- oder Wohnungsbelegungsmatrix der Zonen im Basisjahr der Simulation dar. Die Gebäude- und Wohnungszählung 1968 enthält detaillierte Angaben über die Wohnungen, aber nur sehr beschränkte Angaben über die Haushalte. Die Volkszählung 1970 dagegen enthält detaillierte Angaben über die Haushalte, aber keine Angaben über die Wohnungen. Das Problem ist, die Daten der beiden Zählungen trotz ihres zeitlichen Abstands von 18 Monaten miteinander zu verbinden. Hierzu wird folgender Weg eingeschlagen: Zunächst wird für jede Zone eine Wohnungsbelegungsmatrix nur auf der Grundlage der Gebäude- und Wohnungszählung 1968 ermittelt. Diese Matrix wird sodann spaltenweise „hochgerechnet", bis sie mit der Haushaltsverteilung der Volkszählung 1970 übereinstimmt.

Von den **Modellparametern** sind für das Wohnungsmarktmodell folgende sechs Gruppen von Bedeutung:

- Demographische Parameter
- Haushaltsparameter
- Wohnungsparameter
- Technische Parameter
- Monetäre Parameter
- Präferenzparameter.

Die **demographischen Parameter** bestehen im wesentlichen aus den für die Prognose der natürlichen Bevölkerungsentwicklung im Teilmodell Fortschreibung benötigten altersspezifischen Geburtenraten und alters- und geschlechtsspezifischen Überlebenswahrscheinlichkeiten für Inländer und Ausländer. Diese Parameter können weitgehend aus veröffentlichten Statistiken entnommen werden. Für die Geburtenraten werden darüber hinaus Annahmen über ihre zukünftige Entwicklung benötigt.

Bei den **Haushaltsparametern** handelt es sich um die für die Fortschreibung des Haushaltsbestands im Teilmodell Fortschreibung benötigten Ereigniswahrscheinlichkeiten, d. h. die Eintrittswahrscheinlichkeiten der fünfzehn Elementarereignisse der Haushalte (vgl. 3.1). Diese Wahrscheinlichkeiten müssen für jede der drei Haushaltsaltersgruppen gesondert geschätzt werden, außerdem ist ihre voraussichtliche Entwicklung bis zum Simulationshorizont zu schätzen. Die Ereigniswahrscheinlichkeiten der Haushalte sind zum Teil identisch mit den demographischen Parametern, soweit sie Ereignisse wie Geburt, Altern und Tod betreffen und bieten insofern keine zusätzlichen Probleme. Sehr viel schwieriger ist die Schätzung von Eintrittswahrscheinlichkeiten für Ereignisse wie „Heirat" oder „Scheidung", „Zuzug Angehöriger" oder „Auszug Kind", „Einkommenssteigerung" oder „Einkommensverringerung", „Ende Erwerbstätigkeit" oder „Beginn Erwerbstätigkeit", für die nur wenig ober überhaupt keine Daten auf Haushaltsbasis existieren. Hier geht es darum, alle verfügbaren quantitativen und qualitativen Informationen zusammenzutragen und zu möglichst plausiblen Wahrscheinlichkeitswerten zu integrieren. Die einzige Alternative hierzu wäre, diese Ereignisse gänzlich zu ignorieren, das aber ist keine ernsthaft in Betracht zu ziehende Alternative für ein auf Haushaltsentscheidungen aufgebautes Modell. Die Situation wird dadurch etwas entschärft, daß die Prognose der Haushaltsentwicklung gut an der parallel durchgeführten und empirisch besser abgesicherten Prognose der natürlichen Bevölkerungsentwicklung überprüft werden kann. Das Modell enthält daher zahlreiche Kontrollpunkte, an denen die Konsistenz zwischen den Einwohnern und Haushalten für die Gesamtregion und die einzelnen Zonen sichergestellt wird.

Bei den **Wohnungsparametern** handelt es sich um die für die Fortschreibung des Wohnungsbestands im Teilmodell Fortschreibung benötigten Ereigniswahrscheinlichkeiten, d. h. die Eintrittswahrscheinlichkeiten für die drei Wohnungsereignisse „Altern (Verfall)"; „Modernisierung" und „Abriß". Diese Wahrscheinlichkeiten müssen für jede der vier Wohnungsqualitätsstufen gesondert geschätzt werden. Auch hier besteht das Problem darin, daß der Verfall von Gebäuden infolge Alterung und die nicht nachfrageabhängigen Modernisierungs- und Abrißaktivitäten in keiner Bautätigkeitsstatistik erfaßt werden. Gerade diese nach außen wenig in Erscheinung tretenden Veränderungen sind jedoch für die Prognose der Entwicklung des Wohnungsbestands von großer Bedeutung und müssen deshalb so gut wie möglich geschätzt werden.

Von den **technischen Parametern** des Modells sind für den Wohnungsmarkt nur wenige Angaben über Wohnflächen bzw. Raumgrößen von unmittelbarer Bedeutung. Ihre Ermittlung ist problemlos.

Von den **monetären Parametern** des Modells sind für das Wohnungsmarktmodell alle zur Berechnung der Wohnkosten einerseits und der Mietzahlungsbereitschaft der Haushalte andererseits erforderlichen Angaben relevant. Die Wohnkosten werden außer durch die Anfangsmieten im Basisjahr der Simulation durch die Höhe und zeitliche Entwicklung der Baukosten, der Wohnnebenkosten und der Bodenpreise bestimmt, außerdem durch die Annahmen über das Preisanpassungsverhalten der Wohnungseigentümer. Die Mietzahlungsbereitschaft der Haushalte wird, ausgehend von den Haushaltseinkommen im Basisjahr, auf der Grundlage von Annahmen über die Entwicklung der Lebenshaltungskosten, der Kindergeld- und Wohngeldansprüche der Haushalte sowie des voraussichtlichen Anteils der Wohnausgaben an den gesamten Einkommen der Haushalte geschätzt. Alle diese Schätzungen enthalten wegen der in sie eingehenden Annahmen über die gesamtwirtschaftliche Entwicklung große, aber auf keine Weise vermeidbare Unsicherheiten.

Die am schwierigsten zu eichenden Modellparameter sind ohne Zweifel die **Präferenzparameter.** Im Wohnungsmarktmodell werden für jeden der bis zu 30 Haushaltstypen der Typengrobstruktur Präferenzfunktionen für die vier Teilattraktivitäten der Wohnzufriedenheit „Wohnung", „Zone", „Lage zum Arbeitsplatz" und „Miete" benötigt. Die statistische Schätzung einer so großen Zahl von Nutzen- und Gewichtungsfunktionen würde die verfügbaren Daten weit überfordern, von ihrer Extrapolation in die Zukunft ganz zu schweigen.

Andererseits würde ein Verzicht auf die Präferenzfunktionen bedeuten, die in der Wirklichkeit vorhandene Vielfalt von Wohnbedürfnissen und Wohnwünschen im Modell zu ignorieren, und das wäre mit Sicherheit die schlechtere Alternative. Außerdem haben die Präferenzfunktionen einen großen Vorteil gegenüber statistisch geschätzten Funktionen, etwa Regressionsfunktionen: Ihre Bedeutung kann auch Nichtexperten in Alltagssprache vermittelt werden, so daß über sie rational diskutiert und geurteilt werden kann.

Formale statistische Schätzverfahren spielen bei der Eichung der Präferenzfunktionen daher nur eine untergeordnete Rolle. Statt dessen werden viele Funktionen unter Berücksichtigung aller verfügbaren Informationen durch Abwägen, Schlußfolgerungen, Analogien, Expertengespräche und sorgfältige Plausibilitätsüberlegungen festgelegt. Zu den empirischen Grundlagen dieser informalen Art der Modelleichung gehören die zahlreichen in den letzten Jahren in der Bundesrepublik durchgeführten Befragungen umgezogener oder umzugswilliger Haushalte, darunter die in den Jahren 1975 und 1976 im Auftrag des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau durchgeführten regionalen Wohnungsmarktanalysen.

Eine wichtige Frage der Modelleichung ist die Bestimmung der Stichprobengröße für die Monte-Carlo-Simulation. Bei angenommenen 30 Haushaltstypen, 30 Wohnungstypen und 30 Zonen beträgt die Zahl der theoretisch möglichen Wanderungsrelationen:

Fortzüge	27 000
Zuzüge	27 000
Einzüge	810 000
Umzüge	24 300 000
insgesamt	25 164 000

Die Zahl der tatsächlichen Wanderungen in der Untersuchungsregion beträgt einschließlich Zu- und Abwanderungen jährlich etwa 370 000 Personen. Da die Verteilung der tatsächlichen Wanderungen auf die theoretisch möglichen Wanderungsrelationen nicht bekannt ist, ist eine genauere Schätzung der Zahl der im Modell zu simulierenden Markttransaktionen vorerst nicht möglich. Es scheint jedoch realistisch anzunehmen, daß eine Stichprobe von 50 000 bis 80 000 simulierten Marktvorgängen nicht nur für die Wanderungssalden, sondern auch für die wichtigsten Wanderungsströme sinnvolle Ergebnisse liefern würde.