Christian von Malottki

Geomodellierung in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft

- am Beispiel des Büroflächenmarktes Stuttgart -

Am Fachbereich Architektur / Raum- und Umweltplanung / Bauingenieurwesen der TU Kaiserslautern eingereichte Dissertation

Kaiserslautern, Januar 2008

Vorwort

Mit der vorliegenden Arbeit geht eine arbeitsreiche, aber spannende Phase zu Ende. Gerade die Interdisziplinarität des Themas mit ihren Ansätzen in Stadtplanung, Ökonomie, Geographie und Informatik, war eine Herausforderung, sorgte aber für viele neue Lerneffekte. Ein gewisses interdisziplinäres Verständnis ist auch bei der Lektüre der Arbeit nötig. Ich habe mich bemüht, eine gewisse Balance zwischen Verständlichkeit und Verzicht auf Grundlagen zu finden. Im Zweifelsfall ist entsprechende Literatur angegeben.

Anfängliche Befürchtungen über einen (zu) speziellen Themenzuschnitt bei der Wahl des Themas Geomodellierung in der Büromarktprognose sind inzwischen der Überzeugung gewichen, dass die Arbeit einen guten ersten Überblick über die Thematik geben kann – der Forschungsbedarf aber weiterhin groß ist. Ich hoffe, dass die Arbeit deshalb aufgegriffen werden möge, und die hier vorgestellten Methoden wissenschaftlich weiterentwickelt werden, aber auch den Weg in die immobilienwirtschaftliche und planerische Praxis finden.

Dass die Arbeit heute vorliegt, ist auch der Unterstützung zahlreicher Menschen zu verdanken, die mir mit Rat zur Seite standen oder durch Bereitstellung der empirischen Eingangsdaten die Fallstudie in diesem Umfang möglich werden ließen.

An erster Stelle möchte ich meine beiden Gutachter Herrn Prof. Dr. Gerhard Steinebach, Lehrstuhl Stadtplanung, und Herrn Prof. Dr. Hans-Dieter Feser, Lehrstuhl Volkswirtschaftslehre und Wirtschaftspolitik I, nennen. Sie haben mich die Jahre über intensiv und konstruktive betreut. Auch die Projektarbeit an beiden Lehrstühlen hat großen Spaß gemacht und war trotz thematischer Unterschiede für die Erstellung der Dissertation fachliche Unterfütterung und keine Last.

Herr Prof. Dr. Michael Nadler begleitete die Themenwahl und betreute die Arbeit vor seinem Wechsel von der Juniorprofessur an der TU Kaiserslautern an die FH Albstadt-Sigmaringen. Das internationale Graduiertenkolleg „Visualisierung großer unstrukturierter Datenmengen“ unter Leitung von Herr n Prof. Dr. Hans Hagen sorgte für ein Promotionsumfeld, welches neben Anregungen das Rüstzeug für wissenschaftliches Arbeiten auf internationaler Ebene legte.

Fachbereichsübergreifend erhielt ich von meinen Kollegen Jan Brosowski, Ariane Middel, Christian Plöhn, Dr. Martin Rumberg, Inga Scheler, Karola Schmitt, Rebecca Schmitt, Dr. Jean-Pierre Stockis, Heiko Stüber und Dr. Ingo Wietzel wertvolle Anregungen und Hilfestellungen zu den unterschiedlichsten Themenbereichen. Den fachlichen Austausch mit dem Arbeitskreis „Markt- und Standortanalysen“ der Gesellschaft für immobilienwirtschaftliche Forschung verdanke ich v.a. Herrn Axel Borchert von Borchert GeoInfo und Maike Dziomba, HafenCity Universität Hamburg..

Die oft arbeitsaufwändige Bereitstellung der empirischen Eingangsdaten war die Grundlage für das Gelingen der Fallstudie. Herr Joachim Weiler, Leiter der Abteilung Stadtentwicklung in der Stuttgarter Stadtverwaltung übernahm hierbei die Funktion eines zentralen Ansprechpartners und Betreuers. Die Herren Dieter Rentschler, Mathias Schmid, Martin Weller und Peter Leib unterstützten die Arbeit mit Daten der Wirtschaftsförderung, des Nachhaltigen Bauflächenmanagements, des Gutachterausschusses und der Gebäudefachdaten. Von Seiten der IHK Region Stuttgart bekam ich Firmendaten sowie Befragungsdaten der Mietpreisumfrage durch die Herren Dieter Pross, Heiko Mertel, Philip Reimers, und Martin Eisenmann. Bei der *Investment Property Databank* unterstützte mich Herr Dr. Björn-Martin Kurzrock. Marktinformationen für Stuttgart, die über die aktuellen Marktbe-

richte hinausgehen, stellten mir Herr Thomas Zaiser von *Bräutigam & Kramer* sowie Frau Susanne Barkhof von *Atisreal* zur Verfügung. Die Vergleichszeitreihen für die Stadt Frankfurt verdanke ich Herrn Bernd Hausmann aus dem Stadtplanungsamt Frankfurt.

Allen genannten Personen gilt mein herzlicher Dank.

Nicht vergessen möchte ich an dieser Stelle meine liebe Frau Judith von Malottki, die mir während der ganzen Promotionszeit immer zur Seite stand, mich mit mathematischem Hintergrundwissen versorgte und auch so manchen Hänger bei der Diskussion des genauen Themenzuschnitts überbrücken half. Bei meinen Eltern Dr. Hans und Steffi von Malottki bedanke ich mich nicht nur für das schnelle Korrekturlesen von so viel Text in so kurzer Zeit, sondern auch für die gesamte ideelle und materielle Unterstützung während des Studiums.

Den Abschluss bildet mein kleiner Sohn Jonathan. Die Kombination aus Promotionsendphase und Elternzeit war eine nervenaufreibende, aber wunderschöne Möglichkeit, viel Zeit mit ihm zu verbringen. Ich hoffe, dass sein erstes Wort nicht „Bürofläche“ sein wird.

Kaiserslautern, im Januar 2008

Christian v. Malottki

Inhaltsverzeichnis

Vorwort III

Inhaltsverzeichnis V

Tabellenverzeichnis XI

Abbildungs- und Planverzeichnis XII

Abkürzungsverzeichnis XIV

Teil A: Überblick über die Arbeit 1

1 Fragestellung und Aufbau der gesamten Arbeit 3

Teil B: Geomodellierung in der Stadtentwicklung 7

2 Einführung in die Geomodellierung 9

2.1 Definitionen und Eingrenzung des Rahmenthemas 9

2.1.1 Modell und Geomodell 9

2.1.2 Modelle in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft 11

2.1.3 Eingrenzung des Rahmenthemas 12

2.1.4 Fazit 15

2.2 Ziel und Aufbau des Rahmenthemas (Teil B) 16

3 Geometrischer Modellierungsansatz: City Models 17

3.1 Datengrundlagen und Datenquellen 17

3.1.1 Typen geometrischer Daten 17

3.1.2 2D-Geometriedaten 17

3.1.3 3D-Stadtmodelle 18

3.2 Anwendungsbereiche geometrischer Daten und Modelle 21

3.2.1 Geometrie als Modellinput oder Analysegegenstand 21

3.2.2 Basis für Visualisierungen 23

3.2.3 Mustererkennung in Rasterdaten 24

4 Quantitativer Modellierungsansatz: Urban Modelling 25

4.1 Datenquellen und Modelleigenschaften 25

4.1.1 Quantitative Eingangsdaten 25

4.1.2 Eigenschaften von Modellen 26

4.1.3 Der Begriff der Prognose 28

4.1.4 Der Begriff der Simulation 29

4.2 Grundlegende quantitative Modelle mit Raumbezug 29

4.2.1 Standortverteilungsmodelle 30

4.2.2 Standortwahlmodelle 33

4.2.3 Interaktionsmodelle 34

4.2.4 Ergänzende Längsschnittmodelle 36

4.3 Large Scale Urban Models und Stadtsimulation 37
4.3.1 Definition und Einordnung 37
4.3.2 Entstehung in den sechziger Jahren 38
4.3.3 Kritikpunkte und die Ernüchterungsphase 40
4.3.4 Die Diskussion um Urban Modelling und GIS 42
4.3.5 Neue Stadtsimulationen 43

5 Methoden und Werkzeuge der Geomodellierung 44

5.1 Schnittfeld quantitativer Methoden und räumlicher Analyse 44
5.1.1 Statistische Grundlagen 44
5.1.2 Quantifizierung räumlicher Einflussgrößen 45
5.1.3 Nachweis räumlicher Einflussgrößen in Regressionsgleichungen 49
5.1.4 Weitere geostatistische Verfahren 50

5.2 Raumbezogene Modellierungsansätze 51
5.2.1 Spatial interaction / System dynamics 51
5.2.2 Mikrosimulation und Discrete Choice Models 52
5.2.3 Cellular Automata (CA) und Multiagentensysteme (MAS) 53

5.3 Das Werkzeug der Geographischen Informationssysteme (GIS) 54
5.3.1 Bestandteile eines GIS 54
5.3.2 Aufgaben eines GIS 55

5.4 Aktuelle informationstechnische Entwicklungen 57
5.4.1 Web-GIS 57
5.4.2 Location-Based Services 59
5.4.3 Nutzergenerierte Geodaten 59
5.4.4 Dynamisches GIS 60
5.4.5 Neue Formen der Interaktion 61

6 Diskussion 63

6.1 Braucht Planung quantitative Methoden? 63
6.2 Wie umfassend kann und soll man Stadt modellieren? 65
6.3 Welchen Stellenwert nimmt GIS in der Stadtmodellierung ein? 66
6.4 Datenverfügbarkeit, Kosten und Datenschutz 68
6.5 Welche Geomodellierung eignet sich für welches Anwendungsfeld? 69
6.5.1 Analyse, Prognose und Planerstellung 69
6.5.2 Behördenbeteiligung 70
6.5.3 Öffentlichkeitsbeteiligung und Planveröffentlichung 71
6.5.4 Standort- und Marktanalyse 71
6.5.5 Standort- und Immobilienmarketing 72
6.5.6 Wertermittlung 73
6.5.7 Corporate Real Estate Management und Facilities Management 75
6.6 Fazit und Überleitung zum Fokusthema 76

Teil C: Geomodellierung von Büroflächenmärkten 79

7 Einführung 81

7.1 Problemstellung 81

7.2 Ziel der Untersuchung des Fokusthemas 83

7.3 Aufbau von Teil C 84

7.4 Definitionen 84

7.4.1 Bürofläche 84
7.4.2 Angebot und Nachfrage 85
7.4.3 Standort 86

7.5 Planerische und ökonomische Zielgrößen 87

7.5.1 Stadtplanung: Büroflächenbedarfsprognose 87
7.5.2 Ökonomie: Büromarktanalyse zur Abschätzung von Preisentwicklung und Leerstandsrisiken 88
7.5.3 Überlappungsbereich gemeinsamer Zielsetzungen als Argument für gemeinsame Modellierung 91

8 Referenzmodelle auf Makroebene 92

8.1 Der bedarfsorientierte Ansatz der Raumplanung 92

8.1.1 Theorie 92
8.1.2 Empirie 93
8.1.3 Wertung und Ausblick 98

8.2 Modellierung der ökonomischen Einflüsse – das Gleichgewichtsmodell von DI PASQUALE / WHEATON (1996) 100

8.2.1 Theorie 100
8.2.2 Wertung und Ausblick 101

8.3 Längsschnittmodelle des Büroflächenmarktes – das Modell von ROSEN (1984) und seine Erweiterungen 101

8.3.1 Theorie 101
8.3.2 Empirie 108
8.3.3 Wertung und Ausblick 110

9 Referenzmodelle auf Mikroebene 113

9.1 Preise (Hedonisches Preismodell) 113

9.1.1 Theorie 113
9.1.2 Empirie 114
9.1.3 Wertung und Ausblick 115

9.2 Inanspruchnahme (Standortallokation in Mikrosimulationen) 116

9.2.1 Theorie 117
9.2.2 Empirie I: Klassische Standortfaktorenkataloge 120
9.2.3 Empirie II: Conjoint-Analyse 121
9.2.4 Empirie III: Schätzung von Nutzenfunktionen für die einzelnen Nutzergruppen 121
9.2.5 Wertung und Ausblick 125

9.3 Weitere Größen 126

10 Vorschläge zur Modellierung des Büroflächenmarktes 127

10.1 Längsschnittmodelle auf der Makroebene 127

10.1.1 Modell für einen Gesamtmarkt 127

10.1.2 Modell für einen Gesamtmarkt und mehrere Teilmärkte 128

10.1.3 Qualitative Teilmärkte: Differenzierung zwischen Neubauleerstand und Sockelleerstand 129

10.2 Statische Querschnittmodellierung auf der Mikroebene 130

10.2.1 Hedonische Preisanalyse 131

10.2.2 Übertragung der hedonischen Methode auf die Leerstandswahrscheinlichkeit 131

10.3 Mikrosimulation 132

10.3.1 Die Basisversion 133

10.3.2 Einführung der pro Nutzer belegten Fläche und der leer stehenden Fläche 138

10.3.3 Aktualisierung der Gebäudevariablen in jeder Iteration 139

10.3.4 Aufteilung eines Nutzers auf mehrere Gebäude 139

10.3.5 Endogenisierung der Veränderung des Gebäudebestandes (Neubau, Abriss) 140

10.3.6 Endogenisierung der Zuzüge 140

10.4 Anmerkungen zur Visualisierung 141

11 Diskussion 142

11.1 Fazit zum Thema Büromarktanalyse 142

11.2 Weiterer Forschungsbedarf 142

11.3 Ausblick: Handlungsoptionen auf Basis der Büromarktmodelle 143

11.3.1 Stadtplanung 143

11.3.2 Immobilienwirtschaft 146

11.4 Überleitung zum Fallstudienteil Stuttgart 147

Teil D: Geomodellierung des Büroflächenmarktes Stuttgart 149

12 Einführung in die Fallstudie 151

12.1 Ziel der Fallstudie und Aufbau von Teil D 151

12.2 Die Stadt Stuttgart – eine Einführung 152

13 Bestimmung der empirischen Eingangsgrößen 156

13.1 Angebotsseite: Büroflächenbestand und Bauland 156

13.1.1 Räumliche Aggregatebenen des Angebots: Gebäude, Objekte,

13.1.2 Querschnittsdaten der Angebotsseite 158

13.1.3 Zeitreihen und Stromgrößen der Angebotsseite 171

13.2 Nachfrageseite: Bürobeschäftigung und Inanspruchnahme 172

13.2.1 Modelleinheiten der Nachfrage: Bürobeschäftigte und Büronutzer 173

13.2.2 Querschnittsdaten der Nachfrageseite 173

13.2.3 Zeitreihen und Stromgrößen der Nachfrageseite 175

13.3 Marktausgleichsparameter (Preise, Leerstände) 179

13.3.1 Querschnittsdaten 179
13.3.2 Zeitreihen und Stromgrößen 184

14 Lokalisierung und Lagebeschreibung bei Mikrodaten 185

14.1 Räumliche Verknüpfung der (Bestands-) Mikrodaten 185
14.1.1 Das Problem unterschiedlicher räumlicher Bezugsebenen 185
14.1.2 Alphanumerische Verknüpfung über Katasteradressen 187
14.1.3 Die Geokodierung von Adressdaten als Punkte 188
14.1.4 Räumliche Verknüpfung der Geocodes potenzieller Adressen an das nächstgelegene Gebäude 189
14.1.5 Exkurs: Weitere Zuordnungsmöglichkeiten 190
14.1.6 Überblick über die verschiedenen Mikrodatensamples 190

14.2 Quantifizierung von Geovariablen 191
14.2.1 Gebäudevariable 191
14.2.2 Lagevariable 192
14.2.3 Umfeldvariable 193

15 Ökonometrische Schätzung der Modelle 196

15.1 Längsschnitt-Makromodell: Schätzung des modifizierten ROSEN-Modells 196
15.1.1 Auswahl der Datenquellen 196
15.1.2 Schätzgleichungen anhand der vergangenen Jahre 197
15.1.3 Methodisches Fazit 200

15.2 Querschnitts-Mikromodelle: Hedonische Preisanalyse 201
15.2.1 Auswahl der Datenquellen 202
15.2.2 Schätzergebnisse 203
15.2.3 Methodisches Fazit 207

15.3 Querschnitts-Mikromodelle: Schätzung von Leerstandswahrscheinlichkeiten 209
15.3.1 Auswahl der Datenquellen 209
15.3.2 Schätzergebnisse 210
15.3.3 Methodisches Fazit 211

15.4 Mikrosimulation 212
15.4.1 Die Zusammenstellung der Startpopulation 213
15.4.2 Die Zusammenstellung der exogen vorgegeben Zuzieher und Neubauflächen 216
15.4.3 Schätzung von Fort- / Umzugswahrscheinlichkeiten 216
15.4.4 Schätzung von Zuzugswahrscheinlichkeiten 221
15.4.5 Simulation 229
15.4.6 Bewertung und methodischer Ausblick 231

16 Modellergebnisse für Stuttgart 233

16.1 Szenariospezifische Makroprognose 233
16.1.1 Büromietmarkt 233
16.1.2 Baulandmarkt 234
16.1.3 Vergleich von Bauflächenangebot und prognostizierter Nachfrage 236

16.2 Gesamtstädtische Ergebnisse der Mikromodelle 237
16.2.1 Hochrechnung von Preisen für den ganzen Stuttgarter Markt (Anwendungsfeld Wertermittlung) 237
16.2.2 Leerstandswahrscheinlichkeiten (Anwendungsfeld stadtplanerische Risikoanalyse) 239
16.2.3Simulationsdurchlauf auf der Makroebene (Anwendungsfeld
16.3 Immobilienspezifische Ergebnisse der Mikromodelle (Anwendungsfeld Immobilienrating und planerische Flächenbewertung) 243
16.3.1 Preise und Leerstandswahrscheinlichkeiten 244
16.3.2 Umzugswahrscheinlichkeiten 245
16.3.3 Zuzugswahrscheinlichkeiten 245
16.3.4 Ergebnisse durch die Simulationsdurchläufe 246

Teil E: Abschließende Bewertung 247

17 Zusammenfassung und Gesamtfazit 249

17.1 Zusammenfassung des Teils „Geomodellierung in der Stadtentwicklung“ (Teil B) 249
17.1.1 Definitionen und Themeneingrenzung 249
17.1.2 City Models 249
17.1.3 Urban Models 250
17.1.4 Methoden und Werkzeuge der Geomodellierung 250
17.1.5 Diskussion 251

17.2 Zusammenfassung des Teils „Geomodellierung von Büroflächenmärkten“ (Teil C) 253
17.2.1 Einführung 253
17.2.2 Referenzmodelle auf Makroebene 253
17.2.3 Referenzmodelle auf Mikroebene 254
17.2.4 Vorschläge zur Modellierung des Büroflächenmarktes 254
17.2.5 Diskussion 254

17.3 Zusammenfassung des Teils „Geomodellierung des Büroflächenmarktes Stuttgart“ (Teil D) 255
17.3.1 Die Fallstudienstadt Stuttgart 255
17.3.2 Empirische Eingangsgrößen 255
17.3.3 Lokalisierung und Lagebeschreibung bei Mikrodaten 256
17.3.4 Ökonometrische Schätzung der Modelle 256
17.3.5 Modellergebnisse für Stuttgart 257

17.4 Fazit aus Fokusthema und Fallstudie zum Thema Geomodellierung258

Anhang 1: Programmcode der Simulation (Basisversion) 261

Anhang 2: Codierung der Nutzereigenschaften in den IHK-Daten272

Literaturverzeichnis 275

Verzeichnis der Internetquellen 285

Lebenslauf des Autors 286

Tabellenverzeichnis

Tab. 3 1: Auswahl deutscher Städte mit 3D-Stadtmodellen: 20
Tab. 9 1: Referenzstudien zur hedonischen Preisbestimmung bei Büroimmobilien 115
Tab. 11 1: Vor- und Nachteile einer Angebotsausweitung für Büroflächen. Quelle: V. MALOTTKI (2003, 138 f.) 144
Tab. 13 1: Auszug aus der Nutzungscodetabelle der Stuttgarter Gebäudefachdaten und angenommene Anteile an Büroflächen 159
Tab. 13 2: Empirisch ermittelter Büroanteil (genehmigte Flächen!) für verschiedene Schwerpunktnutzungen. Quelle: Eigene Auswertung, Gebäudefachdaten der Stadt Stuttgart. 160
Tab. 13 3: Büroflächenbestimmung anhand der Gebäudefachdaten 161
Tab. 13 4: Büroflächenbestimmung anhand der Begehung. Quelle: Baasner, Möller & Langwald GmbH 164
Tab. 13 5: Schätzung der Geschossflächenzahlen 170
Tab. 13 6: Schätzung der möglichen Büro-GF auf den Angebotsflächen 172
Tab. 13 7: Bestandsdatensample der IHK Region Stuttgart nach Aggregatgruppen der Wirtschaftszweigsystematik 174
Tab. 13 8: Bestandsdatensample der Freiberufler, Behörden und Verbände 175
Tab. 13 9: Aggregierte Spitzen- und Durchschnittsmieten nach Stadtviertel. Quelle: ATISREAL (2007) 179
Tab. 13 10: Schätzung der Lücken im Datenfeld „Nutzfläche“ 182
Tab. 13 11: Schätzung der Lücken im Datenfeld „Ökonomisches Baujahr“ 182
Tab. 14 1: Zu Modellierung verwendete Mikrodatensamples 190
Tab. 14 2: Gebäudevariable (ermittelt mit Hilfe von Kataster und Gebäudefachdaten) 192
Tab. 14 3: Lagevariable 193
Tab. 14 4: Umfeldvariablen im 200m-Umkreis 195
Tab. 15 1: Nachfragemodell: Nettoabsorption erklärt durch Bürobeschäftigung und Mietpreisniveau 197
Tab. 15 2: Angebotsmodell: Neubau erklärt durch zurückliegende Nettoabsorption 198
Tab. 15 3: Preismodell: Miete erklärt durch die Leerstandsquote 199
Tab. 15 4: Einflussfaktoren auf Kaufpreise und Mieten (Kaufpreissammlung) 203
Tab. 15 5: Einflussfaktoren auf die Mieten (IPD) 205
Tab. 15 6: Einflussfaktoren auf die Mieten (IHK) 207
Tab. 15 7: Einflussfaktoren der Leerstandswahrscheinlichkeit 210
Tab. 15 8: Einflussfaktoren der Wahrscheinlichkeit zur Standortveränderung 218
Tab. 15 9: Einflussfaktoren der Wahrscheinlichkeit zum Fortzug 220
Tab. 15 10: Manuelle Vorclusterung der Nutzertypen 222
Tab. 15 11: Manuelle Bereinigung der Clusteranalyse 224
Tab. 15 12: Cluster 1: Banken, Verkehr und Nachrichtenübermittlung, Handel mit BGKL ab 4 und 74er-Dienstleistungen mit BGKL ab 5 225
Tab. 15 13: Cluster 2: Handel mit BGKL bis 3 (plus BGKL=ubk) 226
Tab. 15 14: Cluster 3: Kultur, Verwaltung, unternehmensbezogene Dienstleistungen bis BGKL 4 227
Tab. 15 15: Cluster 4: Produzierendes Gewerbe 228
Tab. 15 16: Cluster 5: Sozialer Sektor und sonstige 228
Tab. 15 17: Cluster 6: Unternehmensbezogene Dienstleistungen der WZ-Codes 70-73 mit einer BGKL ab 5 229
Tab. 15 18: Nummerierung der Tabellen im Programm 230

Abbildungs- und Planverzeichnis

Abb. 1 1: Schematischer Aufbau der Arbeit 4
Abb. 2 1: Bausteine der Geomodellierung 15
Abb. 4 1: Lagerente bei einem Anbauprodukt, Quelle: SCHÄTZL (1998, 62) 31
Abb. 4 2: Die Ableitung der Thünenschen Ringe; eigene Darstellung nach V. THÜNEN (1826) 32
Abb. 4 3: Agenten, Entscheidungen und Interaktionen, die in einem städtischen Gesamtmodell zu repräsentieren sind. Quelle: WADDELL / ULFARSSON (2004, 14) 37
Abb. 5 1: Mögliche Dynamisierungsfälle von GIS 60
Abb. 6 1: Methodische Brauchbarkeit von Modellierungsansätzen in den einzelnen Anwendungsfeldern. 77
Abb. 7 1: Verschiedene Büroflächendefinitionen 85
Abb. 7 2: Lebenszyklus von Immobilien. Quelle: NADLER / V. MALOTTKI (2006) 88
Abb. 7 3: Der „Bürowürfel“ als Schaubild für die Heterogenität des Gutes Büroimmobilie 89
Abb. 8 1: Entstehung von Flächenbedarf. Eigene Darstellung. 92
Abb. 8 2: Bedarfsprognose nach Marktsegmenten. Eigene Darstellung. 94
Abb. 8 3: Gleichgewichtsmodell nach DI PASQUALE / WHEATON (1996) 100
Abb. 8 4: Zusammenspiel der verschiedenen Büromärkte 103
Abb. 9 1: Indifferenzkurven bei der Wahl zwischen Mengekombinationen zweier Güter unter Budgetbeschränkung 118
Abb. 9 2: Standortkriterien für Büroflächen. Quelle: BULWIEN (2002) 121
Abb. 10 1: Ablauf der Mikrosimulation 137
Abb. 11 1: Zulässigkeit von Bürovorhaben nach Baugebieten der BauNVO. Quelle: V. MALOTTKI (2003) 145
Abb. 12 1: Topographie der Stadt Stuttgart. Dunkle Flächen bezeichnen die Höhenlagen. Quelle: Abgewandelte Darstellung von STEK 2004, 27. 153
Abb. 12 2: Aussagen des Stadtentwicklungskonzeptes zum „Baustein Wirtschaft“. Quelle: STEK, 2004, 64 f. 154
Abb. 13 1: Auszug aus den Katasterdaten der Stadt Stuttgart. Quelle: Eigene Darstellung auf Kartengrundlage des Stadtmessungsamtes; 157
Abb. 13 2: Stadtbezirke der Stadt Stuttgart. Quelle: Eigene Darstellung auf Kartengrundlage des Stadtmessungsamtes. 158
Abb. 13 3: Büroflächen pro Gebäude nach ihrer Größe 161
Abb. 13 4: Büroflächen nach der Größe des Gesamtgebäudes 162
Abb. 13 5: Büroflächen nach dem Anteil an Büroflächen im Gebäude 162
Abb. 13 6: Büroflächen nach Baualter des Gebäudes 162
Abb. 13 7: Büroflächen nach Höhe des Gebäudes in Geschossen 163
Abb. 13 8: Unterschiede zwischen Begehung und Gebäudefachdaten am Beispiel Feuerbach 166
Abb. 13 9: Neubau an (genehmigten) Büroflächen in Stuttgart. Quelle: Eigene Auswertung auf Basis der Gebäudefachdaten der Stadt Stuttgart 172
Abb. 13 10: Zeitreihe der Bürobeschäftigten und Dienstleistungsbeschäftigten. Quelle: Eigene Darstellung; Daten von Atisreal, Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 176
Abb. 13 11: Zeitreihe von Spitzenmieten, Leerständen und Beschäftigten in Stuttgart. Quelle: Eigene Darstellung, Daten von Atisreal und Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 184
Abb. 14 1: Eingangsdaten der Modelle und ihre Ebene des Raumbezugs 186
Abb. 14 2 (a) und (b): Korrekte und nicht korrekte Zuordnung Geocodes zu den nächstgelegenen Gebäuden 189

Abb. 15 1: Zusammenhang zwischen Baujahr und Anteil von Gebäuden mit Leerstand bzw. der Leerstandsquote aller Gebäude 211
Abb. 15 2: Dendrogramm der Clusteranalyse 223
Abb. 15 3: Struktogramm des Programms 230
Abb. 16 1: Modellrechnung Miete und Leerstandsrate für das Status-Quo-Szenario 1 (Symbol Raute), das Trendszenario 2 (Symbol Quadrat) und das Wachstumsszenario 3 (Symbol Dreieck) 234
Abb. 16 2: Modellrechnung Nettoabsorption und Neubau für das Status-Quo-Szenario 1 (Symbol Raute), das Trendszenario 2 (Symbol Quadrat) und das Wachstumsszenario 3 (Symbol Dreieck) 235
Abb. 16 3 (a) und (b): Technisches Rathaus der Stadt Stuttgart in der Eberhardstraße 10. Quelle: Microsoft Virtual Earth (http://maps.live.de/LiveSearch.LocalLive) und Eigene Darstellung auf Kartengrundlage des Stadtmessungsamtes 243
Abb. 16 4: Schätzung von Preis, Leerstands- und Fortzugswahrscheinlichkeit für die Eberhardstraße 10 244
Abb. 16 5: Attraktivität der Eberhardstraße 10 für den Zuzug verschiedener Nutzergruppen (aus Nutzerperspektive) 245
Abb. 16 6: Attraktivität der Eberhardstraße 10 für den Zuzug verschiedener Nutzergruppen (aus Gebäudeperspektive) 246
Abb. 17 1: Methodische Brauchbarkeit von Modellierungsansätzen in den einzelnen Anwendungsfeldern. 252

Plan 1: Bürogebäude Stuttgarts 160
Plan 2: Büroflächen pro Baublock in m² BGF 160
Plan 3: Baulandangebot mit Verfügbarkeitszeitraum 171
Plan 4: Geschätzte Mietpreise pro m² Mietfläche in € 238
Plan 5: Aktuelle Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Leerstand 239
Plan 6: Gemittelte Leerstandswahrscheinlichkeit aller Flächeneinheiten eines Gebäudes 241
Plan 7: Zielorte von Umzügen in der Mikrosimulation nach Nutzungsclustern 242

Abkürzungsverzeichnis

2D	zwei Dimensionen / zweidimensional
3D	drei Dimensionen / dreidimensional
Abb.	Abbildung
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BGF	Brutto-Grundfläche (oft als Bruttogeschossfläche bezeichnet)
BGKL	Betriebsgrößenklasse
CAD	Computer Aided Design
CAFM	Computer Aided Facility Management
CREM	Corporate Real Estate Management
FM	Facility Management
FNP	Flächennutzungsplan
GDI	Geodateninfrastruktur
GF	Geschossfläche
GFD	Gebäudefachdaten
GFZ	Geschossflächenzahl
GIF	Gesellschaft für immobilienwirtschaftliche Forschung e.V.
GIS	Geographisches Informationssystem
Gl.	Gleichung
GR	Grundfläche
GRZ	Grundflächenzahl
IHK	Industrie- und Handelskammer
IPD	Investment Property Databank
Koeff.	Koeffizient
Korr. R^2	Korrigiertes Bestimmtheitsmaß (Maßzahl für den Erklärungsgehalt einer Schätzgleichung)
MF	Mietfläche
ML	Maximum-Likelihood
n	Zahl der Datensätze in einem Sample
NBS	Nachhaltiges Bauflächenmanagement Stuttgart
NF	Nutzfläche
OGC	Open Geospatial Consortium
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
OLS	Ordinary-Least-Squares
PREM	Public Real Estate Management
REFO	Rechtsform
Sign.	Signifikanz
Tab.	Tabelle
WMS	Web Map Service
WZ	Wirtschaftszweig

Teil A:
Überblick über die Arbeit

1 Fragestellung und Aufbau der gesamten Arbeit

Modelle sind in vielen Wissenschaftsdisziplinen eine Methode, um komplexe Zustände oder Vorgänge der Realität vereinfachend zu beschreiben, zu analysieren oder vorherzusagen. Gerade bei räumlichen Fragestellungen ist Modelliierung von Bedeutung, da die Realität bei der Betrachtung eines immer größeren Maßstabs nahezu unbegrenzte Komplexität erreicht, die für viele Anwendungsfragestellungen aber nicht benötigt wird. Die Frage, wie räumliche Objekte und Beziehungen vereinfacht werden, ist Gegenstand der Geomodellierung. Die vorliegende Arbeit soll eine Einführung in Modelltypen und Methoden der Geomodellierung in den beiden Anwendungsdisziplinen Stadtplanung und Immobilienwirtschaft geben.

Zur Abhandlung des Themenbereiches ist die Arbeit nach diesem einleitenden Teil A bewusst in drei sehr klar abgegrenzte Teile gegliedert: Teil B als Rahmenthema zur Geomodellierung, Teil C als beispielhaftes Anwendungsfeld der Geomodellierung und Teil D als Fallstudie zur Umsetzung der Geomodellierung im Anwendungsfeld:

Teil B beschäftigt sich auf einer allgemeinen und theoretischen Ebene mit Ansätzen und Methoden der Geomodellierung und deren Anwendungen in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft. Diese Darstellung gibt einen Überblick über den Stand der Technik und bewertet gleichzeitig aktuelle Methoden und Positionen im Hinblick auf die Anwendung in den beiden gewählten Disziplinen. Dabei wird nach einer einführenden Diskussion des Modellbegriffs nach geometrischen (Kapitel 3) und quantitativen (Kapitel 4) Modellierungstraditionen unterschieden, wobei eine zentrale These der Arbeit die Bedeutung der Verknüpfung dieser beiden Ansätze betont. Nach einer Darstellung wichtiger Methoden (Kapitel 5) diskutiert Kapitel 6 anhand von Leitfragen die Anwendung von Geomodellierung in den gewählten Disziplinen Stadtplanung und Immobilienwirtschaft.

Teil C fokussiert auf ein konkretes Anwendungsgebiet der Geomodellierung: Behandelt wird die Modellierung von Angebot und Nachfrage sowie der Marktausgleichsparameter Preise und Leerstände auf Büroflächenmärkten. Dieser Teil der Arbeit beinhaltet dabei die Darstellung der theoretischen Grundlagen und Referenzstudien sowie deren möglicher Datenquellen zur empirischen Überprüfung (Kapitel 8 und 9). Zudem werden auf dieser Basis zwei eigene räumlich-ökonometrische Modelle entwickelt und theoretisch dargestellt (Kapitel 10). Die Wahl des Büroflächenmarktes als inhaltliche Vertiefung bietet sich zum einen an, da dieses Fokusthema seit einigen Jahren den Bemühungen der Gesellschaft für immobilienwirtschaftliche Forschung zur Standardisierung und wissenschaftlichen Fundierung von Standort- und Marktanalysen unterliegt und zum anderen jüngst auch von öffentlicher Seite als Thema erkannt wurde (vgl. BBR 2007). Zum anderen ist die Büromarktanalyse ein günstig an der Schnittstelle zwischen Stadtplanung und Immobilienwirtschaft gelegenes Beispiel für die konkrete Ausgestaltung und Anwendung von Geomodellierung. Von dieser konkreteren Ebene aus können wiederum verallgemeinernde Schlüsse zur Fragestellung von Teil B gezogen werden.

Teil D wird nun eine weitere Stufe konkreter, indem der theoretische Teil C ergänzt wird durch eine empirische Fallstudie zum Büroflächenmarkt in der Beispielstadt Stuttgart. Deren Vorteile liegen in der Verfügbarkeit umfangreicher Mikrodaten. Zudem ist Stuttgart groß genug, um ein interessanter Büroflächenmarkt zu sein, aber wiederum angesichts der Branchenstruktur repräsentativ genug, um auch als Vorbilduntersuchung für andere Städte gelten zu können. In der Fallstudie werden zunächst die Basisdaten aufbereitet und deskriptiv analysiert (Kapitel 13). Danach

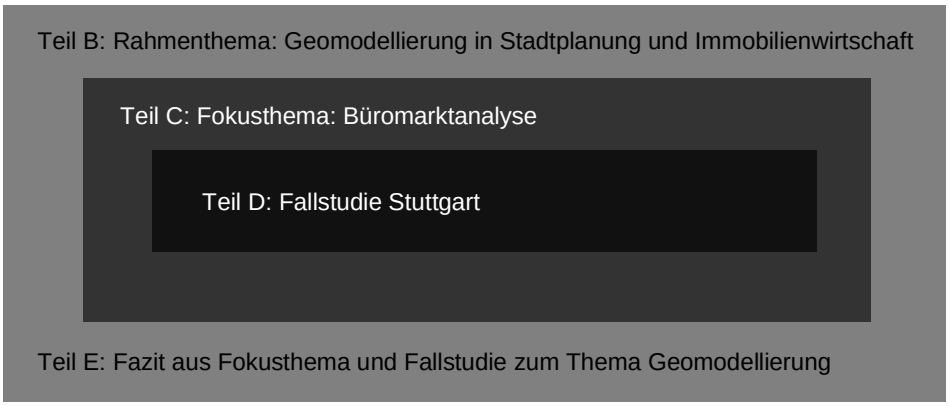
(Kapitel 15) werden vier in Teil C beschriebene oder auf der Basis von Referenzarbeiten entwickelte Modelle ökonometrisch geschätzt:

- Ein dynamisches Mehrgleichungs-Marktmodell.
- Das hedonische Preismodell als räumliches Querschnittmodell.
- Die Übertragung des hedonischen Ansatzes auf die Schätzung von Leerstandswahrscheinlichkeiten.
- Die Mikrosimulation. Hierbei sei vorab bereits angemerkt, dass sie ein äußerst aufwändiges Verfahren ist, so dass diese Überblicksarbeit über Geomodellierung am Beispiel des Büroflächenmarktes nicht den Anspruch haben kann, ein in allen Details ausgearbeitetes Simulationsprogramm vorzulegen. Viermehr kommt eine vereinfachte Basisversion zum Einsatz, anhand derer beispielhaft die erreichbaren Ergebnisse und der weitere Forschungsbedarf dieser Methode demonstriert werden.

Sowohl Teil C als auch Teil D dienen neben der inhaltlichen Diskussion der eigenen Themen „Büroflächenmarktmodelle“ und „Büroflächenmarkt Stuttgart“ der exemplarischen Anwendung der Geomodellierung. Wichtig sind deshalb auch die Rückschlüsse aus der konkreten Anwendung auf die Fragegestellungen des Rahmenthemas. Dies geschieht in Teil E, der gleichzeitig noch die Funktion der Zusammenfassung der wesentlichen Erkenntnisse der drei Einzelteile übernimmt.

Detailliertere Ausführungen über den Aufbau der einzelnen Teile sind diesen jeweils vorangeschaltet – ebenso wie eine Einführung in die Relevanz des Fokusthemas und der Fallstudie.

Abb. 1-1: Schematischer Aufbau der Arbeit



Grundsätzlich behandelt die Arbeit Analyse und Prognose als Grundlage für Entscheidungen und Handlungsoptionen in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft. Ziel ist nicht die Diskussion der Handlungsstrategien selbst – sei es von Seiten der Projektentwickler, der Bestandshalter oder der Stadtplanung. Das Thema wird in Form eines kurzen Ausblicks in Teil C (Kapitel 11) aber angerissen.

Da die Arbeit grundsätzlich hofft, für verschiedene Lesergruppen mit verschiedenen Interessensbereichen von Belang zu sein, seien abschließend folgende „Leseempfehlungen“ gegeben:

- Interessenten an der Geomodellierung im Allgemeinen, die nicht über einen ökonometrischen oder stuttgartspezifischen Hintergrund verfügen, sollten sich auf die Teile B und E konzentrieren. In Teil D ist insbesondere die Quantifizierung von Standorteigenschaften als Geovariablen in Kapitel 14 von Interesse.

- Leser mit dem Interessensgebiet Büromarkt bzw. Stadtentwicklung Stuttgart, aber ohne vertieftes Modellierungsinteresse, sollten zunächst die Fallstudienkapitel 12 und 13 sowie das Ergebniskapitel 16 lesen und nur zur Vertiefung auf die Modellschätzungen in Kapitel 14 und 15 sowie die theoretischen Grundlagen in Kapitel 8, 9 und 10 zurückgreifen.
- Interessenten an der Büromarktanalyse im Allgemeinen könnten die kompletten Teile C und D interessieren. Einen kurzen Ausblick zum Thema Geomodellierung am konkreten Beispiel liefert dann auch Teil E, so dass nur zur Vertiefung auf den Teil B zurückgegriffen werden muss.

Teil B:
Geomodellierung in der Stadtentwicklung

2 Einführung in die Geomodellierung

2.1 Definitionen und Eingrenzung des Rahmenthemas

2.1.1 Modell und Geomodell

Die Modellmethode ist eine *„Methode, mit deren Hilfe ein Subjekt einen bestimmten Typ von Aufgaben löst, indem es ein Modell als analogen Repräsentanten bestimmter Eigenschaften eines Originals zweckentsprechend herstellt und im wesentlichen zur Informationsgewinnung über das Original benutzt" (*KLAUS / BUHR 1972)."

„Um räumliche Phänomene (…) abbilden zu können, müssen, in Abhängigkeit vom jeweiligen Zweck der Abbildung, Vereinfachungen getroffen werden. Mit Hilfe dieser Vereinfachung wird ein Modell der Wirklichkeit erzeugt, das nur eine endliche Zahl zweckgebunden als bedeutsam betrachteter Faktoren und Wirkungsbeziehungen abbildet" (WINKELMANN 1998). „*Modelle simplifizieren die Realität, um unser Verständnis von Wirklichkeit zur verbessern*" (MANKIW 1998, 25).

Hinter dem Begriff Modell verbirgt sich eine schillernde Vielzahl an unterschiedlichen Gegenständen, Rechenprozeduren, digitalen Darstellungen oder Softwareapplikationen. Allen Modelltypen gemein ist, dass es sich um eine künstlich hergestellte, dem Zweck der Modellanwendung angepasste Abstraktion von der Realität handelt („Prototyp", vgl. BECKMANN 2005).

Ausgehend vom räumlichen Blickwinkel, der in dieser Arbeit im Vordergrund steht, – aber auch grundsätzlich – lassen sich drei begriffliche Ausprägungen von „Modell" finden:

- Als konkreter Gegenstand, Zeichnung oder digitale geometrische Rekonstruktion dient das Modell zur maßstabsgetreu vergrößerten oder verkleinerten Abbildung von realen Objekten, beispielsweise als Modell eines Gebäudes in der Architektur, als Modellbau bei Fahrzeugen oder als Muster, lebendes Vorbild oder Vorentwurf für bildende Kunst und Fotografie. In Verbindung mit der Modellierung von Städten spricht man im Deutschen von Stadtmodell, im Englischen von *city model*. Beispiele sind die hölzernen Rekonstruktionen der größten bayerischen Städte von Jakob Sandtner im 16. Jahrhundert, vereinfachte städtische Nutzungsschemata (vgl. BOUSTEDT 1975, 201) oder die derzeit in vielen Städten in Entstehung befindlichen digitalen 3D-Stadtmodelle. Der wissenschaftliche Antrieb hinter letzteren geht v.a. von der Geoinformatik aus. In dieser Arbeit wird dieser Modellierungstypus aufgrund seiner explizit räumlichen Ausdehnung oder Beschreibung als *geometrisches* Modell bezeichnet.

- Als formalisierte mathematische oder statistische Zusammenhänge beschreiben Modelle in den Naturwissenschaften, in den Sozialwissenschaften und der Ökonomie quantitative Abhängigkeiten und Beziehungen innerhalb eines Systems. Die Anwendung dieses Modellierungsansatzes auf Städte und Regionen hat ihre Ursprünge in der ökonomischen Analyse der räumlichen Verteilungsmuster der Allokation von Grund und Boden an verschiedene Nutzer und bedient sich – wie in der Ökonomie üblich – v.a. statistischer / ökonometrischer[1] Methoden. Ziel ist v.a. die Anwendung zu Analyse- und Prognosezwecken, z.B. vor dem Hintergrund anstehender alter-

[1] Die beiden Begriffe werden in dieser Arbeit synonym verwendet.

nativer Entscheidungen. Auf städtischer Ebene wird im Englischen von *urban model* gesprochen, häufiger jedoch im Kontext des Modellierungsprozesses von *urban modelling* (auch *regional modelling* oder *spatial modelling)*. Die begriffliche Differenzierung gegenüber dem synonym klingendem *city model* kann dabei als wenig gelungen bezeichnet werden. Im Deutschen ist die Situation allerdings noch schlimmer, da kein vergleichbarer Begriff etabliert ist und der Forschungsgegenstand als *stadtökonomisches Modell* oder *räumlich-ökonometrisches Modell* umschrieben werden muss. In der Zeit der Entstehung großmaßstäblicher ökonometrischer Stadtmodelle in den sechziger Jahren sprach man im Deutschen deshalb auch eher von Stadtsimulation (zum Simulationsbegriff siehe detaillierter Kapitel 4.1.4). In dieser Arbeit wird der Modellierungstypus aufgrund seines mathematisch-beschreibenden Ansatzes als *quantitatives* Modell bezeichnet.

- Eine dritte Ausprägung des Modellbegriffs bezeichnet reale Eigenschaften oder Gegenstände, die einen Vorbildcharakter für andere ebenfalls reale Nachahmer haben. Im Kontext Stadt zählen hierzu alle Formen von politisch oder planerisch geförderten oder ausgezeichneten Modellstädten oder auch die Modellvorhaben der Raumordnung (MORO). Auf diesen dritten Modellbegriff soll hier nicht weiter eingegangen werden.

In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff der Geomodelle als Überbegriff für geometrische und quantitative Modelle mit Raumbezug verwendet.

Bei den geometrischen Modellen ist der Raumbezug immanent, bei den quantitativen Modellen kann von Raumbezug immer dann gesprochen werden, wenn sich Messgrößen auf räumliche Einheiten beziehen. Die in dieser Arbeit besprochenen Maßstabsebenen werden in Kapitel 2.1.2 allerdings noch auf den stadtplanerisch und immobilienwirtschaftlich relevanten Bereich begrenzt.

Neben ihrer Funktion, maßstäblich abzubilden oder inhaltlich zu generalisieren, haben Modelle auch eine wichtige zeitliche Funktion. Als Abbild wichtiger Aspekte der Realität können sie vergangene und zukünftige Situationen darstellen. So dienen städtebauliche Modelle meist zur Visualisierung zukünftiger Bauvorhaben. Ökonometrische Modelle mit Raumbezug werden meist zur quantitativen Analyse und Zukunftsprognose eingesetzt, wobei hier Daten aus der Vergangenheit zur Kalibrierung wichtig sind.

Während die beiden Modellierungstraditionen seit ihrer Entstehung weitgehend bezuglos nebeneinander existierten (und heute noch zu einer methodischen Dualität zwischen gestalterisch und politisch-administrativ arbeitenden Stadtplanern führen), so ist diese Situation durch die umfassende Digitalisierung von räumlichen Daten, Konzepten und Entwürfen in einem starken Wandel begriffen.

Das digitale Gebäude- oder Stadtmodell ermöglicht gleichzeitig die quantitative Modellierung verschiedener Sachverhalte, welche auf den exakten geometrischen Daten des Ursprungsmodells aufbaut. Als Beispiel sind die Berechnung der Ausbreitung von Schall im bebauten Umfeld, die Berechnung von Energieeinsparmöglichkeiten anhand der geometrischen Lage (Besonnung), Ausstattung und Kubatur von Gebäuden oder eben die in der Fallstudie in Teil D dann auch angewandte Einbeziehung räumlicher Nachbarschafts- und Umfeldparameter in statistische Modelle zu nennen. Geometriedaten können bzw. sollten somit als Input für quantitative Modellierung dienen.

Gleichzeitig litt jegliche Form der quantitativen Geomodellierung unter dem Problem der mathematischen Komplexität und der dadurch bedingten problematischen Kommunikation von Ergebnissen an Öffentlichkeit, Kunden und Entscheider im

Planungsprozess. Der Prozess der Digitalisierung eröffnet hier neue Möglichkeiten, Ergebnisse transparent zu machen. Die Ergebnisse quantitativer Modellierung können bzw. sollten deshalb als Input für die auf Geometriedaten basierende Darstellung in Plänen, Karten und 3D-Modellen sein. Dabei sind verschiedenste Möglichkeiten der Anbindung möglich.

Die beiden Bereiche der geometrischen und der quantitativen Modellierung rücken durch diese Entwicklung näher zusammen und greifen zunehmend ineinander. Angesichts der bislang wenigen Forschungsarbeiten, welche sich neuen Entwicklungen in beiden Feldern widmen, gab dies den Ausschlag dafür, beide Modeltypen in einer Arbeit zu behandeln. Dabei wird ein besonderer Fokus auf das Schnittfeld der beiden Modeltypen und die Frage „welche Lösung für welches Anwendungsfeld“ gelegt.

Ein etabliertes Beispiel für die Integration geometrischer und quantitativer Daten ist das Geographische Informationssystem (GIS). Diesem liegt ein Datenmodell zugrunde, welches geometrische Objekte um zusätzliche alphanumerische Attributdaten anreichert. Auf diese kann dann im Rahmen von Abfragen oder Darstellungen zurückgegriffen werden. Trotz der zunehmenden Integration von Analysewerkzeugen und Visualisierungsmöglichkeiten in den gängigen GIS-Softwarepaketen ist jedoch festzustellen, dass Geomodellierung gerade auch durch neuere technische Entwicklungen weit über den Anwendungsbereich des normalen GIS hinausreicht. GIS wird deshalb hier zusammen mit GIS-externen Methoden aus den Bereichen der quantitativen Analyse und der Visualisierung als Werkzeugkasten für die Geomodellierung in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft besprochen. Die Frage dabei ist v.a., welche Modellierungstechniken innerhalb von GIS möglich sind und welche nicht.

2.1.2 Modelle in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft

Als Anwendungsbereich für Geomodellierung wurden in dieser Arbeit die Disziplinen Stadtplanung und Immobilienwirtschaft gewählt. Sie sollen im Folgenden kurz vorgestellt werden.

„*Stadtplanung [ist] als ein Prozess zu verstehen, angefangen von der Formulierung raumrelevanter gesellschaftspolitischer Ziele bis zur Umsetzung dieser Ziele in raumbezogene Programme und Pläne*“ (MÜLLER-IBOLD 1996, 51; zu weiteren Definitionen siehe unter anderem SCHULTE / PELZETER (2005, 10); SCHÖNING / BORCHARD (1992,13); ALBERS (1988, 4)). Sie dient als „*Vorbereitung zukünftigen Handelns für ein zu erreichendes Ziel auf der Grundlage von Analyse, Diagnose und Prognose der Situation und Entwicklung*“ (MÜLLER-IBOLD in: STRUTZ 1982). Ergebnis des analytischen Prozesses sind also politisch-gesellschaftlich beeinflusste Ziele (Konzepte), welche durch Instrumente umgesetzt werden. Auf Ebene der Stadt, d.h. einer größeren Kommune mit zentralen Funktionen, sind informelle (Stadtentwicklungsplanung) und formelle (Flächennutzungsplanung) Pläne auf der Ebene der Gesamtstadt sowie spezifische Instrumente für Teilräume (Bebauungsplanung, alle Instrumente des besonderen Städtebaurechts) zu unterscheiden.

Der Begriff des Modells kommt in der Stadtplanung sowohl in der geometrischen als auch der quantitativen Variante vor. Die größere Tradition hat dabei sicherlich – bedingt auch durch die Entstehung der Stadtplanung als eigene Disziplin ausgehend von der Architektur – das geometrische (städtebauliche) Modell. Durch die stadtökonomische Theorie und die planerische Forschung liegt zur Modellierung von Stadtentwicklung eine wissenschaftliche Basis von raumbezogenen Modellen vor, die als Forschungsfeld in den sechziger und frühen siebziger Jahren große Aufmerksamkeit erregte. In den letzten Jahren jedoch führten die Modelle aufgrund

ihrer Komplexität und Praxisferne in der Planung eher ein Schattendasein. Die hier entstandene Skepsis bezieht sich teilweise grundsätzlich auf quantitatives Arbeiten in der Planung (siehe hierzu die Diskussion in Kapitel 6.1).

Der Begriff der Immobilienwirtschaft oder Immobilienökonomie geht v.a. auf SCHULTE (u.a. SCHULTE 2007, 5) zurück, der in seinem „Haus der Immobilienökonomie“ neben den verschiedenen Akteuren und Immobilientypen v.a. nach Phasen im Lebenszyklus der Immobilie (Projektentwicklung, Projektmanagement, Facility Management) sowie nach den Handlungsfeldern Analyse, Bewertung, Investition, Finanzierung und Marketing trennt.

Die Immobilienökonomie als eigenständige wissenschaftliche Disziplin ist in Deutschland erst im Entstehen. Der Blickwinkel der Modellierung ist stark betriebswirtschaftlich geprägt, es dominiert somit der quantitative Ansatz. Dabei steigt die Zahl der wissenschaftlichen Veröffentlichungen, die Modellierungen als Antwort auf konkrete Fragestellungen anwenden. Einen bedeutenden Anteil daran haben jedoch finanzmarktanalytische Modelle über die Immobilie im Vergleich zu anderen Anlagekategorien, welche aufgrund ihres fehlenden Raumbezugs hier außen vor bleiben. Von Interesse ist hier eher ein volkswirtschaftlicher Ansatz, welcher sich mit der Allokation von Immobilien an Immobiliennutzer und der räumlich beeinflussten Analyse des Immobilienmarktes widmet.

Stadtplanung und Immobilienwirtschaft als Disziplinen sind grundsätzlich keine sich ausschließenden Forschungsfelder. Einerseits gibt es Überlappungsbereiche, die in beiden Feldern thematisiert werden und deshalb gar nicht klar zugeordnet werden können (z.B. die Projektentwicklung), andererseits spielen inhaltliche Aspekte einer Disziplin jeweils in der anderen eine bedeutende Rolle:

- Vor dem Hintergrund zurückgehender Bauinvestitionen und des bevorstehenden demographischen Wandels in Deutschland muss sich die Stadtplanung als Steuerungsinstanz für die am Allgemeinwohl orientierte Allokation von Grund und Boden zunehmend ökonomischen Fragestellungen öffnen – die reine Angebotsplanung reicht im Zeitalter von Brachflächensanierungen oder Sockelleerstand im Geschosswohnungsbau nicht mehr aus. Angesichts der in der Ökonomie vorherrschenden Methoden ist allerdings die planerische Skepsis gegenüber quantitativen Analyseverfahren infrage zu stellen.

- Die Immobilienwirtschaft Ihrerseits kann sich nicht mehr allein auf die reine Errichtung von Immobilien fokussieren. Die Ausdifferenzierung des Marktes und ein Überangebot in bestimmten Bereichen erfordern den zunehmenden Ausbau von Randbereichen wie der Standort- und Marktanalyse, des Marketings oder der kontinuierlichen Wertanalyse auch während der Laufzeit von Krediten. Fragen der durch planerische Maßnahmen beeinflussten Stadtentwicklung spielen hierfür eine wichtige Rolle.

Die genannten Aspekte sprechen dafür, Stadtplanung und Immobilienwirtschaft bzw. die Schnittstelle der beiden Disziplinen hier gemeinsam in einer Arbeit zu behandeln. Aufgrund des recht umfassenden Ansatzes der beiden Disziplinen werden jedoch im Folgenden einige Einschränkungen vorgenommen.

2.1.3 Eingrenzung des Rahmenthemas

Stadtplanerische und immobilienwirtschaftliche Anwendungsfelder

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit ist eine Fokussierung auf diejenigen Modelle notwendig, die für Stadtplanung und Immobilienwirtschaft relevant sind und einen

Raumbezug haben. Dabei soll zunächst der große Anwendungsbereich der Stadtplanung und Immobilienwirtschaft etwas eingegrenzt werden auf den Schnittbereich der beiden Disziplinen.

Im Überschneidungsbereich zur Immobilienwirtschaft soll Stadtplanung hier v.a. als Planung des bebauten Siedlungsbereiches (Siedlungsplanung) verstanden werden. Der besondere Fokus liegt somit auf den baulichen Nutzungen Wohnen, Gewerbe und Gemeinbedarf. Dabei soll allerdings nicht verschwiegen werden, dass auch die planerischen Teildisziplinen der Infrastruktur und der Freiflächen sowie benachbarte Disziplinen wie die Soziologie eine bedeutende Rolle für die Analyse und Gestaltung von Nutzbarkeit und Qualität der vorgenannten Siedlungsnutzungen spielen. Als wesentliche Handlungsfelder der Stadtplanung, in denen digitale Geomodelle quantitativer und geometrischer Natur ihre Anwendung finden, werden im Folgenden unterschieden:

- die vorgelagerte Phase der Analyse und Prognose sowie die Planerstellung,
- die Behördenbeteiligung mit ihrer Anforderung an die Integration von Datenbeständen aus unterschiedlichen Quellen sowie
- die Bürgerbeteiligung und die Planveröffentlichung, in der räumliche Konzepte kommuniziert werden müssen.

Der Bereich der Immobilienwirtschaft mit potenzieller Nutzung von Geomodellierung betrifft alle Handlungsfelder, in denen räumliche, teilweise durch die Stadtplanung beeinflussbare Faktoren eine Rolle spielen. Im Einzelnen sind dies:

- Die Markt- und Standortanalyse in der Phase der Projektentwicklung,
- das Standort- und Immobilienmarketing, bei dem Standortfaktoren kommuniziert werden,
- die Wertermittlung, in der räumliche Faktoren hohe Wertrelevanz besitzen, und
- das *Corporate Real Estate Management* und das *Facilities Management*, wo eine große Anzahl räumlicher Daten vorzuhalten ist.

Andere Bereiche wie Investition und Finanzierung haben hingegen im Regelfall wenig Raumbezug.

Innerhalb des Schnittbereichs der beiden Disziplinen werden deshalb folgende Kriterien für die Integration verschiedener Modelltypen in diese Arbeit gestellt:

Digitalisierbarkeit

Erstes Abgrenzungskriterium ist die digitale Modellierung, da v.a. hier interessante technische Neuerungen existieren oder noch zu erwarten sind. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Datenverarbeitung tatsächlich digital erfolgt (z.B. im 3D-Stadtmodell) oder digital erfolgen kann (wie bei den meisten ökonometrischen Modellen). Architekturmodelle aus Holz werden in dieser Arbeit aber nicht näher besprochen.

Raumbezug

Zweites Abgrenzungskriterium ist ein tatsächlicher oder zumindest möglicher Raumbezug. Dazu müssen die modellierten Objekte und Prozesse aus mehreren räumlich verorteten und in Bezug stehenden Einheiten bestehen. In geometrischen

Modellen ist der Raumbezug mehr oder weniger systemimmanent. In quantitativen Modellen äußert er sich dadurch, dass die räumliche Verortung einzelner Objekte für den Modellierungsprozess eine Rolle spielt oder die modellierten Abhängigkeiten und Beziehungen von räumlichen Parametern (Entfernung, Nachbarschaft, Agglomerationseffekte, räumliche Autokorrelation) beeinflusst werden. Die Anforderungen an die Existenz mehrerer räumlicher Einheiten wird getroffen, da eine Arbeit völlig ohne räumlichen Bezug in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft quasi nicht vorkommt. Modellierungsansätze für Einzelobjekte (demographisches Modell für eine Region, Kostenmodell für eine Immobilie) werden hier jedoch nicht thematisiert.

Stadt als räumliche Maßstabsebene

Drittes Abgrenzungskriterium sei die räumliche Maßstabsebene, auf der sich Modellierung in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft im Regelfall bewegt: Sie startet auf der Ebene des einzelnen Gebäudes, erweitert sich zum Immobilienprojekt, zum Baublock, zum Stadtviertel und zur gesamten Stadt bzw. zum Ballungsraum.

Ausgeschlossen werden hier alle Modellierungen unterhalb der Gebäudeebene, da hier die geometrische und bautechnische Modellierung deutliche Oberhand gegenüber der stadtplanerisch-ökonomischen gewinnt.

Die Betrachtungsebene oberhalb der Stadt, d.h. insbesondere die Modellierung von größeren räumlichen Aggregaten oder den Vergleich zwischen mehreren Städten, soll hier außen vorgelassen werden. Dies impliziert, dass Modellansätze aus Regionalökonomie und Regionalplanung außen vor bleiben.

Planerisch ist die Grenze zwischen Stadt und Region klar durch die Verwaltungsgrenzen vorgegeben. Modelle, die genau an den Stadtgrenzen enden, sind je nach Thema allerdings nicht unbedingt sinnvoll.

Ökonomisch gesehen ist die Grenze Stadt – Region weniger eindeutig: Im deutschen Sprachraum werden stadtökonomische Modelle entweder mit unter Raumökonomie (FRANCK 1992) oder Raumwirtschaftstheorie (SCHÄTZL 2001, KRIEGER-BODEN 2005) subsumiert oder als Stadt- und Regionalökonomie zusammengefasst (vgl. MAIER / TÖDTLING 2006). Letzteres Vorgehen ist auch für den englischen Sprachraum typisch (vgl. z. B. MCCANN 2005, O'SULLIVAN 2007 spricht zwar von *urban economics*, definiert diese Disziplin dann aber unabhängig von Städten als Schnittstelle zwischen Wirtschaft und Geographie). Im englischen Sprachraum ist auch speziell von *urban models* die Rede (z. B. in der Literatur über *large scale urban models*, siehe Kapitel 4.3, mit GIS-Bezug z.B. bei BATTY 1992).

Eine deutsche Definition liefert FÜRST (1977, 4): *Stadtökonomie wird relativ umfassend als die Verknüpfung aller mit Verstädterung verbundener Phänomene verstanden, die ihre Ursache in ökonomischen Bedingungen haben. Die klassische Disziplinen-Trennung, wonach Ökonomie sich primär mit der Allokation und Verteilung der knappen Ressourcen zu befassen habe, führt im Rahmen der Behandlung von Erscheinungsbildern in der modernen Stadtentwicklung zu kurzsichtigen, problemverfälschenden Analysen: Die Auswirkungen marktlicher Vorgänge auf nichtmarktliche und die Rückwirkung von dort auf Marktprozesse müssen einbezogen werden, um zu verstehen, dass das, was in Städten geschieht, Ausdruck von Verteilungsprozessen zwischen sozialen Gruppen um knappe Ressourcen (Dominant: Knappheit des Bodens) ist.*

CARLBERG (1978, 14) betont als Aufgabe der Stadtökonomie die Integration der Einzelziele der Wirtschaftssubjekte, wobei diese teilweise durch Marktmechanismen und teilweise durch staatliche Eingriffe wie die Stadtplanung geschehen kann.

Der entscheidende Hinweis in diesen Definitionen dürfte die Knappheit des Bodens sein. In den meisten regionalökonomischen Modellen (insbesondere bspw. in der *new economic geography*, vgl. FUJITA / KRUGMAN / VENABLES 2001) werden dominant räumliche Lohnunterschiede, lohnbedingte Migration und Entwicklungsunterschiede zwischen Regionen modelliert. Angesichts der Tatsache, dass innerhalb von Städten von einer nahezu völligen Mobilität des Faktors Arbeit ausgegangen werden kann,[2] erklären diese Modelle nicht die Standortallokation innerhalb von Städten und werden deshalb in der vorliegenden Arbeit nicht behandelt.

2.1.4 Fazit

Trotz der eben dargelegten Grenzen des Themas auf die Anwendungsfelder sowie auf digitalisierbare raumbezogene Modelle auf den Maßstabsebenen zwischen Gebäude und Stadt umfasst der Bereich der Geomodellierung in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft immer noch einen sehr vielfältigen Bereich. Er reicht bspw. von der digitalen Visualisierung eines 3D-Gebäudemodells bis zur Simulation von Bodenpreisentwicklungen im Falle verschiedener Planungsalternativen von Verkehrstrassen. Dabei mag das rein optische 3D-Gebäudemodell auf den ersten Blick nicht so recht zu alphanumerischen Berechungsmodellen der Stadtökonomie passen. Wie bereits angemerkt, ist angesichts der technischen Entwicklung der letzten Jahre jedoch damit zu rechnen, dass sich die gemeinsame Modellierung geometrischer (visueller) Daten und quantitativer (attributiver, alphanumerischer) Daten zunehmend annähern und ineinander integrieren wird. Eine gemeinsame Betrachtung in dieser Arbeit erscheint deswegen sinnvoll.

Abb. 2-1: Bausteine der Geomodellierung

Abb. 2-1 veranschaulicht die Basis der beiden (geometrischen und quantitativen) Modellierungstraditionen in Geoinformatik / Städtebau und Stadtökonomie, die mit den theoretischen Modellansätzen arbeitenden Werkzeuge aus den Bereichen Visualisierung, Statistik / Ökonometrie und dem Schnittbereich GIS sowie die in dieser Arbeit darzustellenden Anwendungsbereiche Stadtplanung und Immobilienwirtschaft. Die Darstellung und Bewertung dieser Bausteine der Geomodellierung für die gewählten Anwendungsfelder ist Thema dieser Arbeit.

[2] Historisch gesehen lagen Pendelentfernungen innerhalb von Städten immer bei ca. einer Stunde, die mögliche Größe der Städte ist also parallel zur Qualität der Fortbewegungsmittel und der Verkehrsinfrastruktur „mitgewachsen".

2.2 Ziel und Aufbau des Rahmenthemas (Teil B)

Ziel des vorliegenden Teils B der Arbeit ist:

- eine überblicksartige Darstellung der geometrischen und der quantitativen Ansätze der Geomodellierung, ihrer Berührungspunkte sowie der spezifischen und gemeinsamen neuen technischen Entwicklungen und praktischen Anwendungsfälle,
- die Erörterung der Modellierungswerkzeuge (insbesondere in der räumlichen Analyse und Statistik, der Anwendung von Geographischen Informationssystemen und der Visualisierung),
- die Thematisierung von Problemen für die Anwendung der Modelle sowie
- die Bewertung der Modellierungsansätze und -werkzeuge im Hinblick auf ihre Verwendbarkeit innerhalb der Disziplinen Stadtplanung und Immobilienwirtschaft sowie der genannten konkreten Anwendungsfelder.

Auf die Problematik der Eingangsdatengewinnung wird im Rahmenthema nur am Rande eingegangen. Dieses sehr weite Feld, welches von der konkreten Fragestellung abhängt, wird beispielhaft im Rahmen des Fokusthemas „Geomodellierung von Büroflächenmärkten“ in Teil C erörtert.

In den nun folgenden Kapiteln 3 und 4 werden zunächst die Grundlagen beziehungsweise der aktuelle Stand von Forschung und Praxis in den beiden Modellierungszweigen dargestellt. Kapitel 5 geht vertieft auf die Methoden ein, wobei zunächst Geographische Informationssysteme als etablierter Integrationsansatz geometrischer und quantitativer Daten vorgestellt werden und die darüber hinausgehenden Methoden aus Ökonometrie, Geoinformatik und Visualisierung anschließend ergänzt werden. Kapitel 6 dient der Diskussion der Ergebnisse. Thematisiert werden dabei die folgenden Fragen an Geomodellierung:

- Wie weit ist der Einsatz quantitativer Modelle angesichts weit verbreiteter Skepsis in der Planung überhaupt sinnvoll und wie weit realistischerweise in der Praxis einführbar?
- Wie umfassend kann man Stadt überhaupt in *einem* Modell abbilden beziehungsweise welche Themenbereiche sollten zusammengefasst und welche nur durch Schnittstellen verknüpft werden?
- Welchen Stellenwert nehmen Geographische Informationssysteme als Hilfsmittel der Geomodellierung ein?
- Wie lässt sich der „Datenhunger“ von Geomodellierung mit knappen Ressourcen und den Erfordernissen des Datenschutzes in Einklang bringen?
- In welchem der Anwendungsfelder besteht welcher Bedarf an Modellierungstechniken?

Diese Fragen lassen sich mit der vorliegenden Arbeit sicherlich nicht erschöpfend beantworten. Sie sollen vielmehr als Diskussionsanstoß dienen, da sie mit zunehmendem Einsatz der Informationstechnik in räumlichen Fragestellungen weiterhin aktuell bleiben werden.

3 Geometrischer Modellierungsansatz: *City Models*

Die digitale Modellierung der räumlichen Lage und der Ausdehnung von Objekten erfordert Geometriedaten. Sie werden unterschieden in Vektordaten und Rasterdaten. Die korrekte Lagebestimmung der Vektorobjekte und der einzelnen Pixel im Raster erfolgt durch Georeferenzierung, d.h. die Verknüpfung mit Geokoordinaten. Dabei sind unterschiedlichste Arten von geodätischen Abbildungen möglich (z.B. UTM, geographische Koordinaten). Entscheidender Gewinn der digitalen Verortung von Objekten ist die Möglichkeit, Beziehungen zwischen den Objekten (z. B. die Distanz) zu beschreiben. Auf diese Möglichkeiten wird in Kapitel 5.1.2 noch detailliert eingegangen. Der zweite wesentliche Zugewinn ist die Möglichkeit einer automatisierten Generierung von Karten und Plänen, er liegt also im Bereich Darstellung / Visualisierung.

3.1 Datengrundlagen und Datenquellen

3.1.1 Typen geometrischer Daten

Vektordaten

Vektordaten beruhen auf den Grundelementen Punkt, Linie, Fläche und Körper. In Stadtplanung und Immobilienwirtschaft spielen Vektordaten v.a. als lagetreue Abbildungen von Gebäuden, Einheiten innerhalb der Gebäude (z.B. Wohnungen), räumlichen Bereichen (Stadtviertel, Versorgungsbereiche, Marktgebiete) oder Infrastruktureinrichtungen (digitales Straßennetz, Kanalnetz, Punkt- oder Gebäudedarstellungen von Gemeinbedarfseinrichtungen) eine Rolle. Die Vektordatenverarbeitung findet klassischerweise in Zeichenprogrammen / CAD statt.

Rasterdaten

Rasterdaten beziehen sich auf Flächen und unterteilen diese in Pixel, welche zeilen- und spaltenweise in einer Matrix gleichförmiger quadratischer Elemente angeordnet sind. Voxel nennt man dreidimensionale Grundeinheiten im Raum (für weitere Details siehe BILL 1999, 18 ff.).Die klassische Anwendung von Rasterdaten ist das Luftbild. Allerdings sind hier – außer über die Lagekoordinaten – im Regelfall keine sinnvollen Attributinformationen mit den einzelnen Pixeln verknüpfbar. Das Luftbild dient somit eher der reinen Visualisierung. Die Rasterdatenverarbeitung findet originär in Bildbearbeitungsprogrammen statt.

Raster haben noch eine weitere Funktion: Großformatige Rasterzellen können als räumliche Aggregateinheit dienen (auf städtischer Ebene bspw. mit Kantenlängen in der Größenordnung zwischen 100 und 1.000 m), mit denen dann aggregierte Attributinformationen (vorherrschende Baustruktur, Summe der Bevölkerungszahl o.ä.) verknüpft werden. Hierbei handelt es sich aber trotz des Begriffes Raster eigentlich bereits um verknüpfte geometrisch-attributive Daten.

3.1.2 2D-Geometriedaten

Obwohl 2D-Geometriedaten vereinfachte Abbilder der räumlichen Realität sind, werden sie anders als ihre dreidimensionalen Verwandten üblicherweise nicht als Modelle bezeichnet. Jedoch bilden sie den Grundstock an geometrischen Daten, welche für raumbezogene Modellierungen unabdingbar sind. Für viele Themenbereiche sind sie inzwischen in großer Vielzahl bei verschiedensten Akteuren vorhanden. Sie können als Standardlösung bezeichnet werden, wenn es um die Analyse

geometrischer Fragestellungen (z.B. Entfernungsermittlung) oder die Visualisierung von Attributinformationen in Karten oder Plänen geht (vgl. Kapitel 3.2).

In Deutschland ist die wesentliche Quelle für gebäudebezogene 2D-Vektordaten die automatisierte Liegenschaftskarte ALK. Hier können bspw. Gebäudeumrisse als Polylinien bezogen werden. Das Preisniveau für diese öffentlichen Daten ist allerdings immer noch sehr hoch. Auswahl und Bezug der Daten finden inzwischen überwiegend online über Geodatenserver und Portale der Vermessungsämter statt. Überdies übernehmen privatwirtschaftliche Geodatenbroker den Vertrieb, wobei sie nach „Pay-per-click" abrechnen.[3]

Vektordatensätze über das Straßennetz werden vornehmlich von privater Seite aus dem Bereich Routenplanung vorgehalten (z.B. www.navteq.de, www.teleatlas.de, aber auch in Google Earth oder Microsoft MapPoint). Die Datenlieferanten sind aber äußerst autoorientiert. Die Modellierung von Straßenentfernungen kann dadurch gegenüber der Verwendung reiner Luftlinienentfernungen verbessert werden. Defizite bestehen im Bereich Fußwegentfernung sowie in der korrekten Modellierung von Reisegeschwindigkeiten, die meist mit Pauschalwerten je nach Straßentyp angenommen werden. Dies führt insbesondere im innerstädtischen Bereich (Ampeln, Vorfahrtsregelungen) zu Verzerrungen.

Sonstige Vektordaten über die öffentliche Infrastruktur liegen meist in heterogener Form bei verschiedensten Stellen.

Luftbilder sind aus öffentlichen Quellen deutlich billiger zu bekommen als Vektordaten. Im Internet sind Luftbilder in geringerer Größe bzw. Auflösung (z. B. aus den Geodatenportalen der Vermessungsämter) oder Aktualität (z.B. Google Earth / Google Maps) anzusehen bzw. kostenlos per Screenshot abkopierbar. Neben dem rechtwinklig aufgenommenen Luftbild (Orthofoto) kann auch die dritte Dimension über Schrägluftbilder oder georeferenzierte Fotosequenzen (z.B. www.ld7.de) aus dem Blickwinkel des normalen Fußgängers in 2D abgebildet werden.

3.1.3 3D-Stadtmodelle

Trotz der noch nicht für ganz Deutschland vorliegenden digitalen 2D-Grundkarten, sind inzwischen in zahlreichen Städten dreidimensionale Gelände- und Gebäudemodellierungen in Bearbeitung oder im Einsatz. Analog zu den früheren Holzmodellen von Städten hat sich im Deutschen hierfür der Begriff Stadtmodell eingebürgert. Im Englischen spricht man von *city models* – nicht zu verwechseln mit *urban models*.

Als Geobasisdatenausstattung der Zukunft bieten diese geometrischen Modelle wohl noch vielfältigere Anwendungsmöglichkeiten als reguläre Karten und Pläne. Bei einer Erörterung des Nutzens von Geomodellierung für verschiedene Anwendungsfelder ist deshalb diese Frage auch unter dem Blickwinkel der künftig verfügbaren 3D-Daten zu sehen.

Da für digitale 3D-Stadtmodelle große Datenmengen benötigt werden, stellt sich zunächst die Frage nach dem notwendigen Detaillierungsgrad. Dabei sind die Anforderungen je nach Anwendung jedoch sehr unterschiedlich. Während Mobilfunkanbieter mit groben Modellierungen weiter Bereiche arbeiten, sind für Immobilien-

[3] Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sind zu nennen: Infas GeoDaten (www.infas-geodaten.de), die auch die Schober Gebäudezählung, eine Erhebung von 19 Mill. Gebäuden in Deutschland nach Nutzung und Lage anbieten und zusammen mit dem Plötz Immobilienführer das Programm GiB (Geographische Immobilienbewertung) herausgeben, sowie On Geo (www.on-geo.de), conterra GmbH (www.geodaten-online.de), Geoport (www.geoport.de) und Aerowest (www.aerowest.de).

marketing oder die stadtplanerische Bürgerbeteiligung visuell ansprechende Bilder von kleineren Bereichen erforderlich. Für die Städte stellt sich zunächst die Frage, ob entweder für große Bereiche (ganze Stadt) ein Modell mit geringem Detaillierungsgrad hergestellt wird oder ob für kleine räumliche Bereiche ein hoher Detaillierungsgrad angestrebt wird. Die zweite Fragestellung ist, welcher Teil der Information mit Vektordaten nachgebildet wird und welcher Teil der Information mit Rasterdaten. Je nachdem wie detailgenau die Vektordatenmodellierung von Gelände und Gebäuden erfolgt, unterscheidet die Definition der *special interest group* 3D der Geodateninitiative Nordrhein-Westfalen verschiedene *levels of detail (LOD):*[4]

- *Level of detail 0:* Regionales Geländemodell ohne Gebäude, evtl. mit Luftbild, welches an die Geländetopographie angepasst ist (bspw. in geringer Auflösung in der Schrägluftansicht von Google Earth).

- *Level of detail 1* („Klötzchenmodell"): Dem Basispolygon aus der digitalen Grundkarte werden Höheninformationen zugeordnet. Im genaueren „geometrischen" (OLERTH 2007, 33) Regelfall kommen Höhenwerte zum Einsatz, die aus Laserscannings von Punktwolken (Lidar-Verfahren) oder der Stereoauswertung von Fotos (vgl. SMITH 2003, 171 ff.; GRUEN / STEIDLER / XINHUA 2003, Kurzüberblick bei OLERTH 2007) ermittelt werden. Eine technische Herausforderung – insbesondere in topographisch bewegten Städten – bildet dabei die korrekte Überlagerung der so gewonnenen Gebäudemodelle mit einem zugrunde liegenden Geländemodell. Als ungenaue Alternative kommen die Kombination aus der digitalen Grundlage und bekannten Stockwerkszahlen in Betracht, wobei für die Höhenermittlung dann Standardgeschosshöhen angenommen werden (so bspw. beim Hamburger Stadtmodell, welches inzwischen in Google Earth integriert ist). Allerdings führt dies bei einer weiteren Ausdetaillierung zu optischen Verzerrungen, die einen Einsatz im Stadt- und Immobilienmarketing behindern.

- Level of detail 2 detailliert die Gebäudekubatur aus. Hinzugefügt werden Dachformen sowie Einzelheiten wie Gauben oder Erker. Hinzu kommt eine ansprechende Visualisierung des gewonnenen Modells. Hierzu werden Fassadenfotos auf die einzelnen Gebäude aufgezogen bzw. „gemappt". Diese können je nach Stand der Technik des Anbieters, Größe des zu visualisierenden Gebietes und Genauigkeit der Auflösung manuell fotografiert oder mit aneinander gereihten Fotos aus einem fahrenden Auto (vgl. www.citygrid.at und HOLZER / FORKERT 2005) oder einem Helikopter (vgl. www.cybercity.tv und STEIDLER / BECK 2005) gewonnen werden. Für die Anpassung an das 3D-Modell werden die Bilder entzerrt, wobei hier unterschiedliche Automatisierungsgrade auf dem Markt sind. Hauptproblem für eine umfangreiche Nutzung in der Praxis ist die Tatsache, dass die Erstellung von Fassaden durch „Mapping" sehr teuer ist. Die zunehmende Automatisierung und die Verwendbarkeit der Ergebnisse in zahlreichen Disziplinen lassen jedoch erwarten, dass das Datenangebot in den nächsten Jahren stark zunimmt. Dabei sollte die Immobilienwirtschaft frühzeitig die Entwicklungen im Blick behalten, damit die Nutzbarkeit der Daten gewährleistet ist.

---

[4] Sie basiert auf der Arbeit der Initiative Geodateninfrastruktur NRW, Special Interest Group (SIG) 3D. Hier arbeiten mehrere große Städte, auch außerhalb von NRW, zusammen, um gemeinsame Standards für 3D-Geodaten zu erarbeiten. Es ist deshalb davon auszugehen, dass sich diese Benennung durchsetzt. Eine Orientierungshilfe für Städte sowie einen guten Überblick über Technik und mögliche Anwendungen bietet das Dokument: Städtetag Nordrhein-Westfalen: 3D-Stadtmodelle: Eine Orientierungshilfe für Städte in Nordrhein-Westfalen. Wuppertal, 2004, als Dokument in: www.ikg.uni-bonn.de/sig3d.

Eine weitere Ausdetaillierung der Modelle ist momentan eher Zukunftsmusik. Dabei bezeichnet LOD 3 das Architekturmodell, welches Fenster oder konstruktive Details als Vektordaten enthält. LOD 4 wird durch im Innenraum begehbare Gebäude gebildet. Da beides für eine komplette Stadt von der Datenmenge her nicht darstellbar ist, beschäftigt sich die aktuelle Diskussion stärker mit der Schaffung von Schnittstellen mit Architektur-CAD-Programmen, die traditionell in 3D arbeiten. Ähnliches gilt für Programme, die für das *facility management* entwickelt wurden. Somit können insbesondere neu zu bauende Gebäude in ihrem urbanen Kontext detailreich visualisiert werden. Hierbei ist auch gewährleistet, dass nach Entscheidung für das endgültige Aussehen eines Gebäudes die Kubatur ins Modell der Gesamtstadt übernommen werden kann und somit ein Beitrag zur Fortschreibung des Stadtmodells geleistet wird (vgl. BECKER / JHA 2003).

Zielführend ist die Zusammenarbeit zwischen privaten Firmen mit großem Immobilienbestand und eigenem 3D-Modell auf CAD- oder SAP-Basis und den das Stadtmodell erstellenden Gebietskörperschaften. Bspw. arbeitet die Bayer AG mit den Städten Köln und Leverkusen bzgl. der Übergabe der Daten in ein 3D-Stadtmodell zusammen.

Die Fachdiskussion beschäftigt sich zudem mit der Interoperabilität der Modelle, damit eine auf Stadtmodellen basierende Fachanwendung nicht für jede Stadt neu „erfunden“ werden muss. Die in der SIG 3D der Initiative Geodateninfrastruktur NRW zusammen geschlossenen Städte, GIS-Anbieter und Forschungseinrichtungen haben zur Interoperabilität den gemeinsamen Standard City-GML entwickelt, der momentan für Level of detail 2 existiert und auf die weiteren Detaillierungsstufen ausgeweitet werden soll.

Tab. 3-1: Auswahl deutscher Städte mit 3D-Stadtmodellen:

München (versch. Firmen, zu testen über www.münchen3d.de)	2.000 Gebäude mit Dachformen, 14.000 „Klötzchen“
Wiesbaden (GTA)	Gesamtstadt in „Klötzchen“, Zentralbereich in LOD 2, Höhengenerierung über Laserscanning, vgl. GERTLOFF 2002
Düsseldorf (CPA Geoinformation)	LOD 2 im engeren Citybereich (photogrammetrisch), LOD 1 flächendeckend durch Stockwerkszahlen, vgl. ALBERT 2005.
Köln (GraphiX)	Innenstadt und angrenzende Bereiche mit Dachformen, kleinere Bereiche mit Fassaden, vgl. BECKER / JHA 2003
Hamburg (GIStech GmbH)	Ca.120.000 Gebäude mit Dachformen und exakter Höhe, Rest LOD 1 auf Basis von Stockwerkszahlen, vgl. CIESLIK 2003, inzwischen integriert in Google Earth
Berlin (3dGeo GmbH, Vertrieb über www.geotainment.de)	Innenstadt zwischen Kurfürstendamm und Ostbahnhof als „Klötzchenmodell“
Stuttgart	Gesamte Stadt als „Klötzchen“, teilweise mit Standarddachformen, die in den Gebäudefachdaten erfasst wurden, vgl. BAUER / MOHL 2005

Wichtig für die ansprechende Generierung von Modellen ist die Tatsache, dass Gebäudeinformationen alleine nicht ausreichen, um dem Betrachter ein realistisches Bild zu bieten. Erforderlich sind zudem Bäume (dies gilt insbesondere für durchgrünte Wohngebiete) sowie Texturen für den Bodenbelag. Von technischer Seite ist zudem zu gewährleisten, dass bei der Visualisierung großer Stadtbereiche ein fließender Übergang zwischen den LOD’s besteht, so dass aus Gründen des Datenumfangs jeweils nur die vorderen „großen“ Gebäude im Detail dargestellt sind. Da die Stadtmodelle ab LOD 2 aus riesigen Datenmengen bestehen, erfolgt

die benutzergerechte Visualisierung über verschiedene Schnittstellen. Selbstverständlich können Ansichten oder Videos in den gängigen Formaten (Pixelbilder, .avi-Dateien o.ä.) ausgegeben werden. Für die interaktive Bewegung im Modell selbst sind eigene Programme, so genannte „Viewer" notwendig, die dem Nutzer zur Verfügung gestellt werden müssen. Das Erfordernis einer zusätzlichen Programminstallation erweist sich dabei als gewisse Hemmschwelle für die Verbreitung.

3D-Stadtmodelle können die Anschauung der räumlichen Umgebung gegenüber zweidimensionalen Karten und Plänen entscheidend verbessern. Dabei reichen die Anwendungsfelder von Tourismus- oder Immobilienmarketing (virtuelle Spaziergänge durch historische Innenstädte oder künftige städtebauliche Projekte) bis zur Visualisierung von Einzelhandels-, Leerstands- oder Baulückenerhebungen. In diesen Feldern sind die Anforderungen an visuelles Erscheinungsbild, Interaktivität und Nutzerfreundlichkeit hoch. Hingegen benötigen viele Nutzer (z.B. Immobilienmakler) nur kleine Ausschnitte rund um „ihr" Objekt.

3.2 Anwendungsbereiche geometrischer Daten und Modelle

Bei der Bewertung geometrischer Daten als Modellierungsgrundlage sind grundsätzlich drei Nutzungswege zu unterscheiden. Hierfür ergeben sich jeweils unterschiedliche Anwendungen.

3.2.1 Geometrie als Modellinput oder Analysegegenstand

Geometrische Messgrößen spielen oftmals eine wichtige Funktion als quantitative Inputgrößen für quantitative Modelle. Beispiele hierfür sind Distanz, Nachbarschaft, Erreichbarkeit o.ä. Auf die Definitionen und Anwendungen verschiedener Messgrößen für räumliche Beziehungen wird im Methodenteil in Kapitel 5.1.2 noch vertieft eingegangen. Diese Größen werden dann bspw. in Standortwahlmodelle (vgl. Kapitel 4.2.2) als erklärende Parameter eingefügt.

Geometrische Daten können aber auch mehr oder weniger allein dazu dienen, um räumliche Fragestellungen zu modellieren. Oft werden eigentlich geometrische Fragestellungen modifiziert und gewichtet durch quantitative Parameter. In diesem Bereich ergeben sich also konkrete Verknüpfungen zwischen geometrischer und quantitativer Modellierung. Beispielhaft seien hier die Folgenden herausgegriffen:

Sichtbarkeitsanalysen

Verkehrsgroßprojekte, normale Baugebiete, Hochhäuser oder Windkraftanlagen sind räumliche Nutzungen, welche aus weiter Entfernung wahrgenommen werden können. Unter dem Aspekt der Beeinträchtigung von Landschaftsbild und Stadtsilhouette sind die Vorhaben oft auch in der Öffentlichkeit massiv umstritten. Sichtbarkeitsanalysen helfen, die Auswirkungen aus verschiedenen Blickwinkeln abzuklären.

Für die Anwendung „reicht" prinzipiell ein dreidimensionales Modell (insbesondere auch des Geländes), in dem wichtige Blickwinkel dann durch gerenderte Darstellungen ausgegeben werden können. Quantitative Attribute sind prinzipiell nicht notwendig. Fassadenmappings machen die Darstellungen zwar gefälliger und sind sicherlich publikumswirksamer, auf die inhaltliche Qualität der Ergebnisse hat dies aber keinen Einfluss.

Nähere Informationen zum Thema finden sich für den Bereich Hochhäuser auf www.muenchen3d.de, für den Bereich Baugebiete bspw. in THIEDE 2005.

Einzugsbereichmodellierungen

Viele Raumnutzungen müssen entweder den kompletten Siedlungsbereich unter Beachtung bestimmter Qualitätsstandards versorgen (Schulen, Rettungsdienste) oder sie konkurrieren um die Abdeckung möglichst großer Versorgungsbereiche (Supermärkte). Die Aufgabe, einen Raum mit gegebenen Punkten (Versorgungseinrichtungen) in Polygone so aufzuteilen, dass jeder beliebige Punkt im Raum im gleichen Polygon liegt wie die nächste Versorgungseinrichtung, kann durch Voronoi-Diagramme gelöst werden. Mathematisch sind sie wie folgt definiert:

(Gl. 3-1) $$V(p_j) = \left\{p : \left\|p - p_j\right\| \leq \left\|p - p_l\right\| \text{ für } j \neq l, l = \{1,2,...,n\}\right\}$$

Mit V = Voronoi-Diagramm p_j = Ausgangspunkt eines Polygons

MENDES / THEMIDO 2004 beschreiben theoretisch die Verwendung von Voronoi-Diagrammen für die Einzugsbereichmodellierung von Supermärkten. Dabei erweitern sie das Konzept, in dem sie einen Gewichtungsparameter für die Attraktivität von p_j und p_l einführen und Überlappungsbereiche zulassen, welche zwei Punkten zugeordnet sind (zu den Grundlagen der Gewichtung in Voronoi-Diagrammen siehe auch HAGEN / STEINEBACH / SCHELER / RUBY 2006).

Auch diese Anwendung befindet sich im Schnittfeld von geometrischer und quantitativer Modellierung. Interessant ist hier jedoch, dass nicht der häufigere Fall „geometrische Parameter werden gemessen und in quantitative Modelle eingefügt" vorliegt, sondern der umgekehrte Fall „ursprünglich geometrische Konzepte werden so modifiziert, dass sie den Anforderungen stadtökonomischer Modelle genügen".

Das Thema ist ein Beispiel für anspruchsvolle geometrische Modellierung, die nur auf zwei Dimensionen angewiesen ist. Dementsprechend sind Anforderungen an die geometrischen Datengrundlagen hier relativ gering.

Emissionsausbreitung und Immissionsmodellierung

In der räumlichen Planung gilt die Vermeidung von Nutzungskonflikten zwischen emittierenden Nutzungen wie Straßenverkehr und Gewerbe als wichtiges Handlungsfeld. Zu unterscheiden ist dabei zwischen dem Schallschutz und der Vermeidung der Verbreitung verschiedenster Luftschadstoffe wie bspw. Feinstaub, Ozon, Schwefeldioxid o.ä. Da die Emissionen nur zu einem gewissen Teil an der Quelle vermieden werden können, spielt die Vorab-Modellierung in Genehmigungsverfahren oder bei der Planung angrenzender Nutzungen eine wichtige Rolle.

Wesentliche Faktoren der Modellierung der Immissionen bei bekannten Emissionen sind am Beispiel Schall (vgl. RUMBERG, 2007, 93 ff.):

- Die Höhe der Emissionen selbst
- Die Entfernung zur Quelle
- Reflexionen und Dämpfungen durch bauliche Anlagen wie Lärmschutzwände, andere Gebäude etc.
- Boden und Bewuchs als sich jahreszeitlich ändernde Parameter
- Luftabsorption und Meteorologiedämpfung als sich kurzfristig ändernde Parameter

Die Faktoren sind gemischt geometrischer und quantitativer Natur, wobei auch hier die Grundfragestellung nach der Ausbreitung eher geometrischer Natur ist. Die Anforderungen an das jeweilige Modell sind dabei abhängig von der Maßstabsebene und der Emissionsart. Im Flugverkehr sind sicherlich andere Anforderungen

ne und der Emissionsart. Im Flugverkehr sind sicherlich andere Anforderungen zu stellen als bei der Beurteilung der Wirksamkeit einer Lärmschutzwand an einer Straße. Gerade bei kleinräumigen Lärmmodellen mit Berücksichtigung von Reflexionen sind die Anforderungen an eine exakte und detaillierte dreidimensionale Modellierung sehr hoch.

3.2.2 Basis für Visualisierungen

Ziel der Visualisierung ist die Wiedergabe von Daten in einem sichtbaren Medium oder Format. *Visualization is a method of computing. It transforms the symbolic into the geometric, enabling researchers to observe their simulations and computations (vgl. HANSEN 2005, xiv).* Die Transformation ist im Regelfall deshalb erforderlich, weil die vorliegenden Datenstrukturen so komplex sind, dass die wesentlichen Aussagen ohne Transformation nicht dargestellt werden können. Für die Transformation liegt eine Vielzahl von Algorithmen vor, welche geometrische, topologische (die Beziehung der Daten untereinander) und attributive Informationen in andere Repräsentationsformen überführen und damit zur vereinfachten Wahrnehmung beitragen.

Die klassische Art der Visualisierung in der Stadtplanung ist die Karte oder der Plan. Auf ihm werden einerseits die Lage aktueller und künftiger geometrischer Objekte (Gebäude, Bauflächen, Stadtviertel) dargestellt. Input dieses Teils des Visualisierungsprozesses sind also Geometrien, Output ebenfalls. Andererseits sollen auf Karten und Plänen vielfältige meist quantitative oder textliche (attributive) Zusatzinformationen dargestellt werden. Um sie sichtbar zu machen, sind entsprechende Transformationen oder Kodierungen der Attribute notwendig. In gewisser Weise werden die quantitativen Daten „geometrisiert". Hierfür stehen verschiedenste Methoden zur Verfügung, bspw. die Färbung der Flächen, die Berechnung von Isolinien, alle Arten von Ikonen (farbige Punkte, Symbole, Tortendiagramme), Glyphe oder die Zeit einbeziehende Animationen (als Einführung vgl. bspw. SCHROEDER / MARTIN 2005).

Visualisierungen räumlicher Fragestellungen sind im Regelfall auf eine geometrische Basis an (bereits ursprünglich) geometrischen Informationen angewiesen, die als Orientierungspunkt für die „Hineintransformierung" der Attributinformationen dient. Diese Funktion übernehmen alle oben angesprochenen Formen der geometrischen (Stadt-)Modellierung. Im konkreten Anwendungsfall wird also die 2D-Katasterkarte dazu verwendet, zusätzliche Informationen zu integrieren und bspw. farblich darzustellen. Die Visualisierung ist deshalb ein Schnittstellenbereich zwischen geometrischer und quantitativer Modellierung.

Wenn in der aktuellen Diskussion von Fortschritten bei 3D-Stadtmodellen die Rede ist, so bezieht sich dies allerdings quasi ausschließlich auf eine Verbesserung der geometrischen Basisdaten und die Interaktivität des Nutzers. Aufgrund des großen Aufwandes gerät die Verknüpfung von Geometriedaten und alphanumerischen Zusatzinformationen derzeit aus dem Blickwinkel. Die aktuellen Modelle in Deutschland und anderswo sind deshalb (noch) nicht „intelligent". Denn die darin enthaltenen Objekte sind zu keinerlei Sachdaten auf Gebäudeebene verknüpft. 3D-Stadtmodelle sind momentan aus Nutzerperspektive relativ isolierte Visualisierungen ausschließlich geometrischer Inhalte. Die Integration quantitativer Daten ist momentan aber noch Zukunftsmusik

Für einige Bereiche ließe dies aber interessante Anwendungen erwarten. Denn dann könnten Sachdaten, die heute klassischerweise mit 2D-Geometrien verknüpft und in GIS einfach visualisiert werden, auch in den optisch anspruchsvolleren 3D-Modellen dargestellt werden. Andersherum könnten Abfragen der Sachdaten durch

die Nutzer direkt in 3D-Modell veranlasst werden – bei einem virtuellen Stadtrundgang kann dieser somit nicht nur das Umfeld betrachten, sondern direkte Informationen, bspw. über Bodenrichtwerte, geschätzte Mietpreise, die Sozialstruktur, die Verkehrsanbindung o. ä. einblenden. Hierfür ist aber die Verknüpfbarkeit von 3D-Modellen und quantitativen Daten in einer Art 3D-GIS notwendig.

3.2.3 Mustererkennung in Rasterdaten

Luftbilder und Stadtmodelle mit Fassadenmappings können für Analysemethoden der Mustererkennung genutzt werden. In diesem Fall liegen Rasterdaten aus Fotos zugrunde, aus denen Informationen bspw. über die Nutzung gewonnen werden.

4 Quantitativer Modellierungsansatz: *Urban Modelling*

Wie im vorherigen Kapitel bereits angesprochen wurde, ist der deutsche Begriff Stadtmodelle weitgehend mit digitalen geometrischen Modellen oder ihren physischen Pendants konnotiert. Die Abbildung der in Städten ablaufenden Prozesse und deren Modellierung wird im Englischen als *Urban Modelling* bezeichnet, in der deutschen Literatur ist ein einheitlicher Überbegriff nicht verbreitet. In jedem Fall geht es um die Themen der Landnutzung und der Verteilung von Infrastruktur, um die Standortentscheidungen der verschiedenen Landnutzer (Standortallokation) sowie um ihre Interaktion im Raum.

Dieser Bereich ist trotz einer langen Tradition stadtökonomischer Grundlagenmodelle nach wie vor ein in Entwicklung befindliches Forschungsgebiet - auch wenn hier die Neuerungen oft in nicht in so großer Geschwindigkeit erfolgen wie im Bereich der umsetzungsgeeigneten Software. Aufgabe ist hier, die Vielzahl der auch im Rahmen der eingeführten Beschränkung existierenden Forschungsansätzen zu systematisieren und diejenigen auszuwählen, welche eine räumliche Komponente haben und für eine Anwendung in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft in Frage kommen. Zunächst wird analog zur geometrischen Modellierung auf Quellen quantitativer räumlicher Daten eingegangen. Es folgt eine Liste von Charakterisierungsmöglichkeiten für die Modelle, bevor schließlich die wichtigsten Modellierungstraditionen vorgestellt werden.

4.1 Datenquellen und Modelleigenschaften

4.1.1 Quantitative Eingangsdaten

Quantitative Modelle verarbeiten im Regelfall alphanumerische Daten in Tabellenform. Diese können sich durchaus auf räumliche Einheiten beziehen, der Raumbezug ist aber ebenfalls alphanumerisch ausgedrückt. Geographische Informationssysteme sprechen bei alphanumerischen Daten im Regelfall von Sachdaten oder Attributdaten und verbinden sie mit den Geometrien.

Das Spektrum sowie die räumliche Bezugebene von Sachdaten sind sehr groß. Im Rahmen der gewählten Themenbegrenzung auf den Maßstabsbereich von Gebäude bis zur Stadt sind die Sachdaten Informationen über das Gebäude, (z. B. Adresse, Baujahr, Geschoßflächenzahl, Nutzung o.ä.) bzw. über Straßenabschnitt (Verkehrsstärke, Lärmemission), Baublock, Postleitzahlbereich, Stadtviertel, Gesamtstadt etc.

Eine gebäudebezogene Datenquelle ist auch hier das Automatisierte Liegenschaftskataster (ALK), in welches das Automatisierte Liegenschaftsbuch (ALB) integriert wird. Diese Verknüpfung aus geometrischen Katasterdaten und attributiven Liegenschaftsinformationen stellt für sich genommen schon ein Geographisches Informationssystem dar. Durch die großen Datenmengen und die aufwändige Generierung ist die deutschlandweite Verknüpfung jedoch noch nicht abgeschlossen. Gleichzeitig wurde die Umsetzung des ALB jedoch schon vor einigen Jahren beschlossen, so dass das System noch mit einem eigenen Format (*edbs*) arbeitet, welches bei der Weiterverarbeitung in einem Standard-GIS erst konvertiert werden muss.

Adressen sind über die Vermessungsverwaltungen im Regelfall georeferenziert – d.h. ihnen ist ein Punkt zugeordnet, der innerhalb des entsprechenden Grundstücks liegt.

Weitere Attribute auf der Gebäudeebene (Baujahr, Geschoßflächenzahl) liegen – wenn sie überhaupt vorliegen – in verschiedenen Formaten bei verschiedenen Institutionen vor. Während kommerzielle Datenbroker eher nur über Geometriedaten, Bodenrichtwerte und statistische Daten auf höheren räumlichen Ebenen verfügen, hängt das Ausmaß öffentlicher Gebäudedaten ab vom Engagement der einzelnen Gemeinden und ihrer Verwaltungen. So wird z.B. die Stockwerkszahl der Gebäude in einigen Städten digital erfasst, in anderen Städten nicht.

Wichtige Daten über die Nutzer der Gebäude werden von öffentlicher Seite über die Meldedaten (Wohnbevölkerung) und die Gewerbemeldungen (Gewerbebetriebe ohne Freiberufler) erfasst. Allerdings besteht hier das Problem, dass die Daten nicht einem Gebäude zugeordnet sind, sondern einer Adresse. Gerade beim Bezug von Meldedaten sind die Datenschutzanforderungen extrem hoch. Eine ungenaue Alternative hierzu ist die Verwendung von kommerziellen Adressdatenbanken. Bei kostenlosen Quellen (digitale Telefonbücher) tritt dabei meistens ein Exportlimit auf, kostenpflichtige Quellen können sehr teuer werden. Aufgrund von Zweigniederlassungen und Zweitwohnungen können externe Datenbanken nie ein komplettes Abbild der Nutzerstruktur generieren. Angesichts des Zuordnungsproblems zwischen Adressen und Gebäuden kann es sinnvoll sein, adressbezogene Informationen lediglich zu georeferenzieren und auf eine Verknüpfung mit den ohnehin teueren Vektorgeometrien zu verzichten.

Die Immobilienwirtschaft, hier vor allem Makler sowie Portfoliobesitzer und Grundeigentümer im Rahmen des *corporate real estate management* (CREM), sammeln gebäudebezogene Fachdaten mehr oder weniger systematisch. Für diese Zielgruppen von Geomodellierung ist die Einbindung ihrer bisherigen Daten der entscheidende Punkt bei der Neueinführung eines GIS. Der Gebäudebegriff der privaten Seite muss dabei nicht mit dem Gebäudebegriff der öffentlichen Verwaltung übereinstimmen. Im Regelfall aggregieren private Datenhalter stärker, z. B. indem sie mehrere Gebäudeteile (Privathaus und Garage) zu einem Objekt zusammenfassen.

Bei Informationen für räumliche Bereiche gilt die Regel: je höher die Ebene, desto leichter sind die Daten zu bekommen und desto unbrauchbarer sind sie für die exakte räumliche Analyse. Eine öffentliche Quelle sind die statistischen Ämter (der Städte, Gemeinden oder Länder), jedoch können verschiedenste Fachdaten integriert werden, die in irgendeiner Form Auswirkungen auf Gebäude haben (Lärmquellen, Erholungsgebiete, Versorgungsinfrastruktur). Hier sind Quellen und Erfassungsqualität jedoch sehr heterogen. Gerade soziodemographische Parameter werden durch private Anbieter aus dem Bereich des Geomarketing vorgehalten. Aus Datenschutzgründen wird hier oft erst ab der Ebene Straßenabschnitt gearbeitet.

Insgesamt lässt sich sagen, dass eine große Vielfalt von Sachdaten mit Raumbezug von Interesse für Stadtplanung und Immobilienwirtschaft sind. Die Unterschiede in der räumlichen Bezugsebene, die heterogene Verteilung der Daten und die dadurch umständliche Datenakquise stellen jedoch Probleme dar, die ihre Verwendung in der Geomodellierung aufwändig machen.

4.1.2 Eigenschaften von Modellen

Makromodell – Mikromodell

In der Ökonomie bezeichnen Makromodelle grundsätzlich die gesamtwirtschaftliche Ebene, Mikromodelle die Ebene des einzelnen Entscheiders. Angesichts verschiedener räumlicher Ebenen weicht die Begriffsverwendung in der planerischen Literatur teilweise davon ab (vgl. z. B. NOWAK (1973, 41), der die Mikroebene auch

Stadtvierteln unterhalb der Makroebene Stadt zuweisen will). Die vorliegende Arbeit bezeichnet Makromodelle als Beschreibung aggregierter Entwicklungen innerhalb einer räumlichen Einheit und Mikromodelle als Beschreibung der (Standort- / Handlungs- / Bewegungs-) Entscheidung eines einzelnen entscheidenden Subjekts (Haushalt, Einzelperson, Unternehmen).

Querschnittmodell – Längsschnittmodell

Das Begriffspaar Querschnittmodell und Längsschnittmodell bezeichnet v.a. die Eingangsdaten der mit statistischen Methoden zu schätzenden Gleichungen. Dabei sind Querschnittmodelle *(cross-sectional models)* Daten über verschiedene Objekte zu nur einem Zeitpunkt. In der Geomodellierung sind es im Regelfall verschiedene räumlich lokalisierte Punkte (alle Einwohner, alle Supermärkte o.ä.). Ziel von Querschnittmodellen ist es meist, aus einer Stichprobe heraus Eigenschaften für die nicht in der Stichprobe enthaltenden räumlichen Einheiten zu schätzen. Ein Beispiel ist die in Teil C und D angewandte hedonische Preisanalyse.

Längsschnittmodelle bezeichnen Zeitreihen *(time-series analysis)* über den Zustand eines Objektes oder Systems über einen längeren Untersuchungszeitraum (z.B. durchschnittliche Immobilienpreise in einem bestimmten Marktsegment im Zeitablauf). Sie dienen meist der Prognose. Paneldaten kombinieren Querschnitts- und Längsschnittdaten.

Statisch – dynamisch

Dieses Begriffspaar ist relativ verwandt zu den beiden eben angesprochenen Charakteristika. Statische Modelle beschreiben den *„Zustand der untersuchten Wirklichkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt“* (NOWAK, 1973, 43), dynamische Modelle bilden einen Zeitraum ab. Die verschiedenen zeitlichen Stufen des dynamischen Modells nennt man Iterationen, die Abhängigkeit von der gleichen Variablen einer Vorperiode (zeitliche) Autokorrelation, die Abhängigkeit von einer anderen Variablen einer Vorperiode Abhängigkeit mit *time lag*.

Induktiv – deduktiv

BATTY (1992) unterscheidet bei der Betrachtung räumlicher Analyse und Modellierung zwei wesentliche Stränge der bisherigen Forschung, die gleichzeitig auf nacheinander folgende Abschnitte im Prozess des Modellbauens fokussieren:

- In der Phase von *exploration* und *calibration* geht es unter Zuhilfenahme statistischer Theorien und Analysemethoden um Verständnis und Erklärungen räumlicher Prozesse, die aus Daten heraus analysiert werden. Das Vorgehen ist somit *deduktiv*. Diese Arbeitsweise ist vor allem in der traditionellen Stadt- und Regionalökonomie verbreitet.

- BATTY (1992, 670) unterscheidet hiervon die Phase der *prediction* oder alternativ der *prescription* als Anwendungen des Modells für Prognosezwecke und Entscheidungsevaluierung. Da ein Vergleich von Modellergebnissen mit der (im Regelfall erst in der Zukunft stattfindenden) Realität nicht möglich ist, muss ein *induktives* Vorgehen gewählt werden: Hier setzen die Modellstrukturen theoretische Überlegungen voraus und fügen dann Eingangsdaten in das Modell ein (die gegebenenfalls anhand vergangener Entwicklungen kalibriert wurden). Das Vorgehen ist in der Stadtplanung weit verbreitet, bspw. in der Bedarfsberechnung in der Flächennutzungsplanung (vgl. auch Kapitel 8.1).

Im Idealfall werden beide Verfahren kombiniert: Dabei werden deduktive Verfahren genutzt, um Muster aus der vergangenen Entwicklung zu erkennen. Die erkannten

Kausalzusammenhänge werden in die Zukunft übertragen, wobei gegebenenfalls induktiv Parameter verändert werden, je nachdem ob es sich um den Wunsch des Modellierens verschiedener Szenarien oder um bekannte Veränderungen handelt (z.B. staatliches Eingreifen oder neue Entwicklungen, die in der Vergangenheit keine Rolle spielten).

Deterministisch – stochastisch

Deterministische Modelle beschreiben definitive Abhängigkeiten der Form „wenn x dann y". Gerade die neoklassischen Ansätze der Ökonomie gehen davon aus, dass der Entscheider seine Situation zu jedem Zeitpunkt optimiert. Theoretisch müsste ein seinen Standort wählendes Individuum ähnlich wie Standortspiel von HOTELLING (1929) dauernd umziehen, um ständig einen Vorteil vor seinen Konkurrenten zu haben. Denkt man den rational optimierenden *homo oeconomicus* weiter, so müssten nun zusätzliche Bewertungen für Umzugskosten im Vergleich zu Nutzengewinnen modelliert werden. In der empirischen Praxis stößt man damit sehr schnell an Grenzen. Viele Ereignisse sind aber nicht deterministisch vorhersagbar. In der Stadtplanung und der Zukunftsforschung hat sich deshalb die Szenariotechnik stark verbreitet, die bei entscheidenden Verzweigungen alle Ausprägungen durchspielt. Damit gerät man gerade in der Mikrosimulation jedoch schnell an Grenzen. Man stelle sich am gewählten Beispiel der Standortwahl vor, jede einzelne Umzugsentscheidung jedes einzelnen Individuums würde ein neues Szenario auslösen … von den Datenmengen ist dies nicht zu bewältigen. Deshalb werden gerade in der Simulation stochastische Abhängigkeiten eingefügt der Form „wenn x, dann tritt mit Wahrscheinlichkeit p das Ereignis y ein" (vgl. BENENSON / TORRENS 2004, 98 ff., 140 ff.).

4.1.3 Der Begriff der Prognose

Eine Prognose „*ist eine Darstellung zukünftig möglicher (…) Entwicklungen. Im Unterschied zur Planung steht hier nicht die Zielvorgabe im Vordergrund, sondern der Versuch, eine der Wirklichkeit entsprechende Lage darzustellen*" (FALK 2000). Prognosen wenden dabei formalisierte Methoden an, wobei das Spektrum der Verfahren je nach Sicherheit, Prognosehorizont und Quantifizierbarkeit des Untersuchungsgegenstandes groß ist. Prognosen, insbesondere die im engeren Sinne des Begriffes verstandenen quantitativen Prognosen (vgl. STIENS 1998), können nie die Zukunft vorhersagen, sie geben wahrscheinliche Entwicklungen unter gewissen Annahmen und Voraussetzungen an. Quantitative Prognosen können als Teilbereich quantitativer Modellierung gelten. Dabei werden im Regelfall Zeitreihenanalysen oder dynamische Modelle angewandt, es sind aber auch statische Modelle für zukünftige Gleichgewichtslösungen möglich.

Zwischen Prognose (ex-ante) und der tatsächlichen Entwicklung werden im Regelfall immer Differenzen bestehen. Gründe dafür sind:

- Prognosen erfüllen sich schon alleine deshalb nicht, da sie die Grundlage für Handeln bilden und so die Möglichkeit zum Gegensteuern gegen unerwünschte Entwicklungen gegeben ist.
- Mit zunehmendem Prognosehorizont steigen immer die Unsicherheiten. Im Regelfall müssen damit bei Langfristprognosen entweder qualitative Methoden eingesetzt werden, oder die quantitativen Methoden bekommen den Charakter von Modellrechnungen oder Szenarien, die nur für verschiedene exakt vorher zu definierende Annahmen gelten.

4.1.4 Der Begriff der Simulation

„Simulation ist die modellmäßige Abbildung von theoretisch a priori ausgewählten Zusammenhängen der komplexen (städtischen) Wirklichkeit im zeitlichen Ablauf auf dem Computer" (NOWAK 1973, 14).

„Simulation heißt […]: Herstellung künftig möglicher, also hypothetischer räumlicher Situationen und Prozesse." STIENS IN: ARL (1998, 116)

WINKELMANN IN: ARL (1998, 53) sieht Simulationsmodelle (neben deskriptiven und analytischen Modellen sowie Optimierungsmodellen) als dritte Untergruppe von Modellen in der räumlichen Planung und definiert diese als „*Modelle zur Berechnung alternativer Entwicklungspfade und / oder zukünftiger Situationen.*"

Diese Definitionen sprechen dafür, Simulation als Teil des Modellierens zu betrachten. Im Gegensatz zum Modell im Allgemeinen ist bei der Simulation aber wohl eine zeitliche, im Regelfall in die Zukunft gerichtete Dimension vorhanden. GERNDT (1978, „*zweckgerichtete Erzeugung modellhafter Abläufe*") betont den prozeduralen Aspekt. Simulation ist also ein Experiment mit einem Modell. Welcher Typ Modell damit gemeint ist, könnte theoretisch offen bleiben. So spricht STREICH (1983) bspw. auch im Zusammenhang mit der geometrischen Darstellung von Architekturentwürfen von Simulation. In der Praxis dürften sich jedoch die Aspekte der „Berechnung" (WINKELMANN 1998, 53) und der „*theoretisch a priori ausgewählten Zusammenhänge" (*NOWAK 1973, 14) als notwendige Bedingungen für das Vorliegen einer Simulation durchgesetzt haben.

Bei der Simulation gilt das wissenschaftliche Interesse nicht primär der Herleitung und Validierung der dem Modell zu Grunde liegenden Schätzgleichungen, sondern der Anwendung des Modells zur Untersuchung des Verhaltens des Systems – meist in der Zukunft. Dabei können entweder die im Prozess des Modellierens vorab deduktiv erschlossenen Parameter oder beliebige andere eingesetzt werden. Die Simulation ist also nicht notwendigerweise auf eine rein induktive Methode limitiert, sondern kann deduktive Elemente in das Experiment einführen (WU 1999, 201).

Der Komplexitätsgrad des zu simulierenden Systems und die Methode des Experiments bringen es mit sich, dass immer nur einer der von WINKELMANN (1998, 53) so bezeichneten Entwicklungspfade allein betrachtet wird. Wichtig ist diese Form der Ergebnisfindung vor allem dann, wenn es sich um ein stochastisches Modell handelt. In diesem Fall ergeben sich bei jedem Durchlauf der Simulation trotz gleicher Eingangsparameter verschiedene Ergebnisse. Je nach Komplexitätsgrad der Zwischenschritte kann die wiederholte Simulation der Ergebnisse einen Näherungswert einer Wahrscheinlichkeitsverteilung angeben, die ansonsten nicht berechnet werden kann.

4.2 Grundlegende quantitative Modelle mit Raumbezug

Die folgende Auflistung verschiedener quantitativ arbeitender Modelltypen kann nur einen groben Überblick geben über diejenigen Basismodelle, welche an Schlüsselstellen der Modellierung städtischer Prozesse stehen oder eine Grundlage für verschiedene Anwendungsfelder in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft bieten. Sie ist allerdings nicht abgeschlossen. Grund hierfür ist die Tatsache, dass sich in Teilbereichen der Geomodellierung Forschungszweige mit einem Eigenleben entwickelt haben, welche Methoden aus anderen Wissenschaftsdisziplinen aufnehmen und nicht zwangsweise zur räumlichen Gesamtplanung rückkoppeln. Ein solches

Beispiel bietet die Büromarktanalyse, auf die im Teil C vertieft eingegangen wird. Sie verfügt über zusätzliche nicht-statistische planerische und nicht-räumliche ökonomische Wurzeln und bietet somit ein gutes Beispiel dafür, dass die in diesem Kapitel dargestellten Basismodelle zwar ein gemeinsames Fundament für die Geomodellierung bilden, dazu aber in nahezu jedem Anwendungsfeld zusätzliche fachspezifische Quellen verarbeitet werden müssen.

Der Raumbezug der Modelle drückt sich in den meisten Fällen dadurch aus, dass räumliche Variable integriert sind. Hierin besteht der zentrale Anknüpfungspunkt an die geometrischen Modelle, da durch sie eine Messung der erforderlichen Größen ermöglicht wird („Geometrie als Modellinput"). Über verschiedene Messgrößen gibt Kapitel 5.1.2 Auskunft. Der zweite Raumbezug der Modelle drückt sich in der prinzipiellen Visualisierbarkeit von Ergebnissen auf Karten und Plänen (und theoretisch in 3D-Modellen) aus.

4.2.1 Standortverteilungsmodelle

Standortverteilungsmodelle (SCHÄTZL 2001, 63) bezeichnet sie als Standortstrukturtheorien) erklären auf einer übergeordneten Makroebene, zu welcher aggregierten Verteilung im (städtischen) Raum die Standortwahl vieler einzelner Entscheider zusammengenommen führt. In Bezug auf die betriebliche Standortwahl spielen dabei verschiedene Agglomerationsvorteile und –nachteile eine Rolle. Nach MARSHALL (1920) treten folgende Agglomerationsvorteile auf:

- durch Informations-Spillover (ein Ansatz, welcher v.a. durch die Theorie der kreativen Milieus weiterentwickelt wurde, vgl. bspw. FROMHOLD-EISEBITH 1999),
- durch die Ermöglichung distanzloser Zulieferbeziehungen (bspw. gruppieren sich rund um das Frankfurter Bankenviertel viele spezialisierte zuliefernde Dienstleistungen wie Anwälte etc.) sowie
- durch einen gemeinsamen lokalen Arbeitskräftepool (ein Argument, welches im Wesentlichen nur auf regionaler Ebene zählt).

Gegen eine Clusterung wirken Agglomerationsnachteile wie hohe Bodenpreise, Stau und Effekte der Abdeckung gesamter Marktgebiete bei hoher Sensivität gegenüber Transportkosten. Sie führen zur Bildung mehrerer kleinerer Cluster. Die sich herausbildende Hierarchie verschiedener Zentren lässt sich auch für die Analyse rein städtischer Fragestellungen aus den eigentlich regionalen Arbeiten von CHRISTALLER (1933) und LÖSCH (1940) übertragen. Beispiel hierfür sind die Versorgungsbereiche von Einzelhandelsbetrieben. Stadtplanerische Steuerung ist v.a. angesichts aktueller Konzentrationsprozesse nötig, welche zur Schwächung etablierter Zentren führt.

Der entscheidende Aspekt bei der innerstädtischen Verteilung von Nutzungen unter Marktbedingungen (d.h. ohne die planerischen Eingriffe in Form der Beschränkung von Art und Maß der Nutzung) sind jedoch die Bodenpreise und dort v.a. die standortabhängige Zahlungsbereitschaft verschiedener Nutzertypen. Die Modellierung dieser planerisch und immobilienwirtschaftlich fundamentalen Fragestellung geht zurück auf das Standortverteilungsmodell des mecklenburgischen Gutsbesitzers V. THÜNEN (1826) und wurde durch zahlreiche daran anknüpfende Arbeiten auf städtische Bodenmärkte übertragen.

Johann Heinrich V. THÜNEN (1826) wird mit seinem Werk „Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie" als Begründer der Standortstrukturtheorien bezeichnet. Er stellte die Frage nach der Auswirkung ökonomi-

scher Gesetzmäßigkeiten auf die optimale räumliche Struktur der Bodennutzung. Dabei konzentrierte er sich auf die Abhängigkeit der Produktion landwirtschaftlicher Güter von der Entfernung zum Konsumzentrum. Zur Modellierung geht er von einer abgeschlossenen Region mit einem einzigen Zentrum in der Mitte aus.

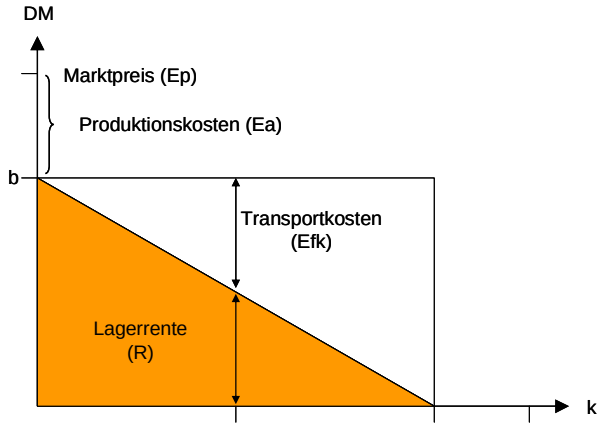
Zur Berechnung der Lagerente bei einem Produkt am jeweiligen Produktionsstandort hat V. THÜNEN 1826 folgende Gleichung aufgestellt:

(Gl. 4-1) $R = E\,(p - a) - Efk$

mit
R = Lagerente pro Flächeneinheit (erklärte Variable)
E = Produktionsmenge pro Flächeneinheit (konstant)
p = Marktpreis pro Produkteinheit (konstant)
a = Produktionskosten pro Produkteinheit (konstant)
f = Transportrate pro Distanzeinheit (konstant)
k = Entfernung des Produktionsstandorts zum Konsumzentrum (erklärende Variable)

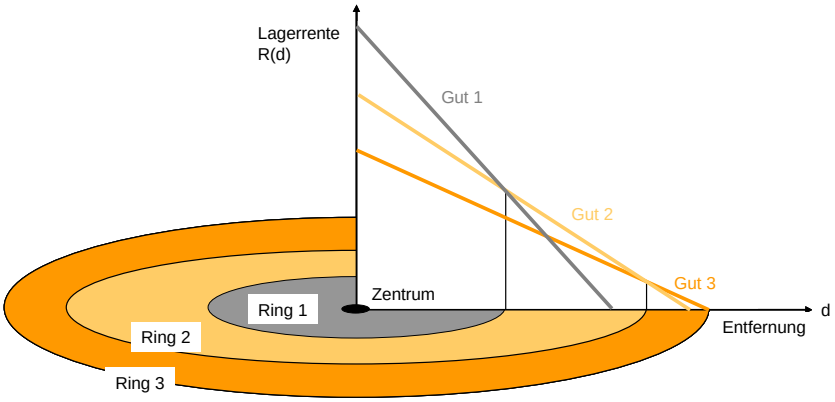
Der erste Teil der Gleichung beschreibt den Marktpreis des jeweiligen Gutes. Er ist für ein Gut immer gleich. Der zweite Teil der Gleichung beschreibt den Einfluss der Transportkosten. Diese ändern sich einerseits abhängig vom Gut, andererseits innerhalb eines Gutes in Abhängigkeit von der Entfernung zum Stadtzentrum. Betrachtet man lediglich ein Gut (vgl. Abb. 4-1), so steigen die Transportkosten in Abhängigkeit von der Entfernung zum Stadtzentrum linear an. Entsprechend gegenläufig sinkt die Lagerente. Eine rentable Produktion ist so lange möglich, wie die Transportkosten nicht größer als der Marktpreis minus die Produktionskosten sind. Die Lagerente könnte man also als Preis für die Nutzung des Bodens sehen.

Abb. 4-1: Lagerente bei einem Anbauprodukt, Quelle: SCHÄTZL (1998, 62)



Überlagert man die Kurven mehrerer Güter, so ergeben sich bei gegebenen Marktpreisen unterschiedliche Verläufe, die dann die Bodennutzung determinieren. Nahe am Zentrum wird dasjenige Gut produziert, welches höhere Produktionserlöse pro Flächeneinheit bietet, aber durch hohe Transportkosten eine stark sinkende Kurve der Lagerente aufweist. Nach außen hin folgen die Produktionsbereiche der anderen Güter in der Reihenfolge des Gefälles der Kurve der Lagerente. Das sich ergebende Nutzungsmuster bezeichnet man auch als die Thünenschen Ringe. Abweichende Muster ergeben sich, wenn unterschiedliche Transportkosten in unterschiedliche Richtungen angenommen werden (V. THÜNEN zeigt dies durch einen Fluss, innerhalb der heutigen Städte übernehmen U-Bahn-Linien diese Funktion). Durch Subzentren kommt es zur Überlagerung der Kurven.

Abb. 4-2: Die Ableitung der Thünenschen Ringe; eigene Darstellung nach v. THÜNEN (1826)



Die Standortverteilungsmodelle lassen sich übertragen auf die Standortwahl heutiger Betriebe im urbanen Umfeld (dabei dürfte gerade das VON-THÜNEN-Modell auf die USA noch eher zutreffen als auf Europa). Dementsprechend bilden Betriebe des Einzelhandels den innersten Ring mit den höchsten Mieten. Sie sind auf hohe Passantenfrequenzen angewiesen, die im Regelfall nur in Fußgängerzonen oder zentralen Einkaufszentren gegeben sind. Bürobetriebe haben im Regelfall ebenfalls Ansprüche an eine gewisse Zentralität bzw. Erreichbarkeit, die Anforderungen sind im Vergleich zum Einzelhandel jedoch geringer. Sie bilden somit den zweiten Ring. Der dritte Ring wird durch Betriebe des produzierenden Gewerbes sowie Logistikimmobilien gebildet, da diese flächenintensiv sind (vgl. HEYSER 2005, 99).

Dieser Ansatz lässt sich auch auf die Analyse innerhalb einer Grobnutzung übertragen. ALONSO (1964) und MCCANN (2005, 109 ff.) zeigen dies für Wohnviertel verschiedener sozialer Gruppen und Schichten. Interessant ist die Einbeziehung der Faktorsubstitution zwischen Pendelzeitersparnissen und zusätzlichem Flächenverbrauch. Je nach Größe der Präferenzgruppen in der Bevölkerung (Familien mit Platzbedarf, gut verdienende Singles mit Zentrumspräferenz) ergeben sich verschiedene Verteilungsmuster, welche reiche Schichten ins Zentrum (bspw. Paris, New York), an die Peripherie (die meisten amerikanischen Städte) oder verteilt platzieren. Ein zusätzlicher Faktor für die Zahlungsbereitschaft der Haushalte ist dabei die Häufigkeit der Besuche im Zentrum (jeden Tag pendeln, nur gelegentlich bei Arbeitsplatz außerhalb).

Bei Büros gilt analog: Repräsentative Hauptsitze großer Unternehmen wählen die zentrale Lage, gefolgt von unternehmensbezogenen Dienstleistungen. Lokale Versorger verteilen sich über Subzentren, während standortunabhängigere *back offices* die Nebenlagen wählen.

Das VON-THÜNEN-Modell und seine Weiterentwicklungen zeigen auf, wie verschiedene Bodenpreise entstehen und wie es dadurch zur Segregation städtischer Nutzungen kommt. Der statische Ansatz modelliert jedoch nicht den Entstehungsprozess von Subzentren (bspw. von Büroclustern) außerhalb des Zentrums. GARREAU (1991) beschreibt dies am Beispiel der amerikanischen *edge city*: Rund um einen Versorgungsknoten (z. B. *shopping mall*) siedeln sich Büronutzungen an, die niedrige Preise, aber dennoch ein gewisses Maß an Erreichbarkeit zumindest für die eigenen Beschäftigten, benötigen (z.B. *back offices*). Wird eine kritische Masse an Betrieben überschritten, so zieht dies wiederum Zulieferer an.

4.2.2 Standortwahlmodelle

Standortwahlmodelle bilden die Standortwahl des einzelnen Betriebes, Haushalts oder auch einer Einzelperson ab. Dabei geht es einerseits um grundlegende Überlegungen, welche Präferenzen beschreiben, aber die Entscheidung an sich nicht modellieren. Andererseits gibt es Ansätze, welche (oft mittels stochastische Methoden) die Standortentscheidung selbst simulieren, und somit eine Basis für komplexere Modelle bilden, die im folgenden unter den *Large Scale Urban Models* beschrieben werden.

Standortwahl ist einerseits ein betriebswirtschaftliches Problem. Dies gilt nicht nur für Betriebe, sondern auch für öffentliche Verwaltungen und Privathaushalte. Ziel des Standortwahlprozesses ist es, den optimalen Standort im Hinblick auf geringe Kosten und hohen Ertrag zu finden. Der Standort beeinflusst dabei Kosten und Ertrag auf verschiedene Weise.

Traditionell die wichtigste Möglichkeit dürfte die Beeinflussung der Transportkosten sein. Dies betrifft die Beziehung zu Lieferanten und Kunden, aber auch die Transportkosten zu Arbeitnehmern (für Betriebe) oder zu Arbeitgebern oder Familienmitgliedern (für Privathaushalte). Das Problem der Standortwahl für Industriebetriebe hat dabei eine lange Forschungstradition (z.B. LAUNHARDT 1882; WEBER 1909), die preis- und pendelzeitabhängige Standortwahl des Einzelhaushaltes ergibt sich bspw. auch aus der Arbeit von ALONSO (1964).

Von Bedeutung sind heute insbesondere auch betriebswirtschaftliche Optimierungsmethoden, welche z.B. Verwendung im Logistikbereich finden. Hier geht es um die Optimierung einer Vielzahl von Transportvorgängen. Dabei müssen aus Komplexitätsgründen in der kontinuierlichen Ebene meist Näherungsverfahren angewandt werden (vgl. BLOECH 1994, 81 ff.). Bei der Standortbestimmung im Verkehrsnetz (Bsp. Autobahnabfahrten als Logistikstandorte) kann mit Entfernungsmatrizen gearbeitet werden (vgl. BLOECH 1994, 93 ff.). Die Problematik der optimalen Abdeckung eines Gebietes mit einer minimalen Zahl von Einrichtungen (z.B. Notfallambulanzen) erörtert SCHIETZELT / DESHAM 2003, 351 ff. Gerade bei Industriebetrieben erfolgt durch die planerische Ausweisung eine Art Vorselektion der Flächen, so dass auch in der Stadtplanung Bewertungsmodelle zur Eignung von Gewerbestandorten eine längere Tradition haben (für einen Überblick siehe STEINEBACH 1996).

Im Einzelhandel geht es weniger um die Minimierung der Transportvorgänge von Zulieferern, sondern um die Adressierung an eine möglichst große Vielzahl von Kunden. Hier bieten jedoch die im nächsten Kapitel besprochenen Interaktionsmodelle den besseren Modellierungsansatz.

Einen völlig anderen Ansatz als den betriebswirtschaftlichen Optimierungsansatz liefert PRED (1967). Dabei schränkt er die Standortwahl in zwei Punkten ein: Zum einen verfügt der Entscheider nicht über alle notwendigen Informationen, um sich ein Bild über alle möglichen Standorte zu machen. Zum anderen beeinflussen persönliche Präferenzen oder Wertvorstellungen die Wahl mit dem Ergebnis, dass nicht der beste Standort gewählt wird.

Diese Einschränkung ist von hoher Bedeutung, da sie zeigt, dass optimale Standorte eben nicht der Standard sind. Dabei ist weiterhin zu berücksichtigen, dass ein Standortwechsel immer Transaktionskosten mit sich bringt, die im Regelfall vermieden werden. Dies betrifft insbesondere Firmenneugründer, welche in der überwiegenden Mehrheit einfach an ihrem Heimatort gründen, Absolventen von Hochschulen teilweise noch an ihrem Hochschulort (vgl. FESER / V. MALOTTKI ET AL. 2007). Hier spricht man auch von Standortpersistenz.

Theoretisch können die zu berücksichtigenden Parameter deshalb in Nutzenfunktionen zusammengefasst werden. Dabei wären dann (am Beispiel eines Wohnungssuchenden) Faktoren zu berücksichtigen wie die tatsächlichen Kosten des täglichen Pendelns, der Preis der Wohnung, die empfundenen Kosten für die Pendelzeit und die standortabhängige Zeit zur Versorgung sowie die Bedeutung von Vorteilen wie die Nähe zur Schule und zu Erholungsflächen, die Schönheit der Lage u.a. Das Verhältnis dieser Parameter zueinander ist schwierig zu bestimmen, da es implizit in Geldeinheiten umgerechnet werden muss. Dies betrifft übrigens auch Wirtschaftsbetriebe: Hier mögen die schwerer monetarisierbaren Faktoren je nach Branche gegenüber Privathaushalten eine geringere bis vernachlässigbare Rolle spielen. Typische Faktoren sind hier das Image einer Adresse, das Investitionsklima einer Region oder persönliche Bindungen zu Kunden und Geschäftspartnern. Der genaue Wert von Lokalisationsvorteilen wie z.B. innovativen Milieus ist sicherlich schwer zu beziffern.

Für den Einzelentscheider sind diese Nutzenfunktionen quasi nicht zu erheben. Sie entscheiden sich letztendlich ohne eine bewusste Abwägung aller Einzelparameter. Eine Möglichkeit bietet deshalb die Analyse tatsächlich getroffener Standortentscheidungen mit Rückschluss auf die Entscheidungsgründe anhand der Eigenschaften des Entscheiders und des gewählten Standorts.

Da das Thema Standortwahl von großer Bedeutung für die Bestimmung von Angebot und Nachfrage auf den Büroflächenmärkten ist, wird es in Teil C und D vertieft behandelt. Dabei steht allerdings der empirische Ansatz, d.h. die Erhebung und quantitative Bewertung von Standortfaktoren im Vordergrund.

4.2.3 Interaktionsmodelle

Interaktionsmodelle beschäftigen sich mit der Berechnung von Stromgrößen. Es geht also nicht um die Lokalisation eines Agenten an einem bestimmten Standort, sondern um die Beziehungen zwischen den Standorten. Dabei können auf Makroebene aggregierte Stromgrößen oder Wahrscheinlichkeiten für individuelles Verhalten auf der Mikroebene modelliert werden.

Die grundlegende Basis für Interaktionsmodelle verschiedener Anwendungsbereiche bildet das aus der Physik stammende Gravitationsmodell. Demnach errechnet sich die Anziehungskraft zwischen zwei Objekten (z.B. Planeten) nach der Formel:

(Gl. 4-2) $$F = \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

mit F = Anziehungskraft, m = Masse der Objekte, d = Distanz

Die Gravitationsmodelle werden in der Regionalökonomie bspw. zur Modellierung von Migrationsströmen verwendet (vgl. hierzu FESER / V. MALOTTKI / SCHMITT 2007). Innerhalb einer Stadt oder eines Ballungsraums sind Wanderungen aber kaum abhängig von der Entfernung, der entscheidende Parameter sind die Nutzengewichte (die für die Massen in der physikalischen Formel eingesetzt werden). Das Problem, Nutzen durch Attraktivität auszudrücken, ähnelt der bereits diskutierten Fragestellung der Standortwahl.

Zwei wesentliche Fragestellungen können sowohl auf der städtischen wie auf der regionalen Ebene mit Gravitationsmodellen bearbeitet werden: Die Modellierung von Verkehrs- / Pendlerströmen zwischen Verkehr erzeugenden Punkten (vgl. bspw. NOWOTNY 2007) sowie die Modellierung von Kaufkraftströmen. Letztere sollen hier als Beispiel etwas eingehender erläutert werden, da sie von hoher Relevanz im planerisch-immobilienwirtschaftlichen Schnittfeld sind.

Ziel der Kaufkraftstrommodellierung ist die Berechnung derjenigen Kaufkraft, die einem Einzelhändler oder einer Gruppe von Einzelhändlern (z.B. Stadtteilzentrum) aus ihrem Einzugsbereich heraus zufließt - unter Berücksichtigung der Überlappung von Einzugsbereichen zwischen verschiedenen Händlern / Zentren. Immobilienwirtschaftlich ist die Frage bei der Projektentwicklung von Einzelhandelsvorhaben zentral. Stadtplanerisch ist Fragestellung bedeutsam, wenn es um die Zulassung großflächigen Einzelhandels an der Peripherie geht. Zwar besteht für die konkurrierenden Betriebe im Zentrum kein Wettbewerbsschutz, dennoch ist es Aufgabe der Planung, städtebauliche Missstände zu vermeiden. Diese können durch zahlreiche Betriebsaufgaben im Zentrum entstehen und äußern sich in Form von Leerständen oder Einschränkungen der Versorgungsqualität für nicht automobile Bürger. Das Kriterium des Kaufkraftabflusses kann dabei als eines von mehreren herangezogen werden (vgl. zur rechtlichen und planungsfachlichen Diskussion bspw. OVG KOBLENZ 1999 und SCHMITZ 1999, STEINEBACH 2003)

Die Übertragung der Gravitationsmodelle auf den Einzelhandel stammt von REILLY (1929). Er ersetzt die Masse im physikalischen Modell durch die Attraktivität des Einzelhandels und erhält die Aufteilung der Umsätze eines zwischen zwei Zentren liegenden Konsumentenstandorts mit folgender Formel:

(Gl. 4-3)
$$\frac{U_1}{U_2} = \left(\frac{A}{A_2}\right)^{\alpha} \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^{\lambda}$$

mit U = Umsatz, A = Attraktivität, d = Distanz, α / λ = Kalibrierungsparameter

Der Umsatz, der auf den einzelnen Standort entfällt, muss anhand der Kaufkraft der Konsumenten dann anteilig errechnet werden:

(Gl. 4-4)
$$U_{ij} = \frac{K_i \cdot A_j / d_{ij}^{\lambda}}{\sum_j A_j / d_{ij}^{\lambda}}$$

mit U = Umsatz, A = Attraktivität, d = Distanz, λ = Kalibrierungsparameter, K = Kaufkraft,
i = Ort des Konsumenten, j = Ort des Zentrums

Die prozentualen Anteile der Kaufkraftströme eines Startortes *i* zu allen Zielstandorten *j* lassen sich auch als Wahrscheinlichkeiten interpretieren (vgl. HUFF 1963).

Zu klären ist zum einen noch die Höhe des Parameters λ. Während das physikalische Modell hier vom Wert 2 ausgeht, ermittelt VAN SUNTUM (2000, 451) diesen Wert anhand bekannter Kaufkraftströme zwischen einigen wenigen Zentren und erhält einen optimalen Wert von 1,8.

Zum anderen stellt sich die Frage, wie Einkäufe am Standort selbst (bei der Modellierung von Stadtvierteln / Gemeinden) behandelt werden. VAN SUNTUM (2000, 451) addiert hier durchschnittliche Fahrzeiten in Abhängigkeit von der Siedlungsgröße.

Schließlich muss die Attraktivität bewertet werden. VAN SUNTUM (2000, 453) wählt hierfür die Verkaufsfläche in m² sowie den Umsatz pro m². Einen guten Überblick über die Thematik, weitere Detailfragestellungen sowie einen komplexeren Algorithmus zur Attraktivitätsbestimmung bietet FITTKAU (2004, 74 ff.). BIRKIN ET AL. (2004, 45 f.) stellen ein Modell bei variabler Kaufkraft vor. Sie tritt bei standortabhängig elastischer Nachfrage auf, bspw. wenn durch den Bau von Multiplex-Kinos an Autobahnen zusätzliche Nachfrage an Kinobesuchen generiert wird.

4.2.4 Ergänzende Längsschnittmodelle

Zahlreiche Prozesse, welche die Basis für Stadt- und Regionalentwicklung bilden, beziehen sich zwar auf eine oder mehrere räumliche Einheiten, die eigentlichen Parameter der Analyse sind jedoch nicht-räumlicher Natur. Dies ist v.a. bei Längsschnittmodellen der Fall.

Drei Beispiele aus der Demographie, der Regionalökonomie und der Marktanalyse seien hier genannt:

- Bei einer Modellierung des Wohnungsmarktes ist ein genauer Überblick über die Zusammensetzung der Bevölkerungsstruktur notwendig. Haushaltsneubildungen, Haushaltsauflösungen und Wohnungswechsel von Haushalten sind dabei im wesentlichen vom Lebensalter der beteiligten Personen abhängig. Dieses wird statistisch meist zu Kohorten aggregiert, so dass in einer räumlichen Einheit verschiedene Kohorten in unterschiedlicher Stärke vorhanden sind. Hier ergeben sich dann auch Ansätze für die stochastische Mikrosimulation, bspw. wenn Tod, Haushaltsneubildung und andere „Ereignisse" im Leben der Bevölkerung mit Wahrscheinlichkeiten für jeden einzelnen statt mit festen Prozentwerten nachgebildet werden.

- Stadt- und regionalökonomische Wirkungsanalysen arbeiten teilweise mit mehreren Sektoren, unter denen wirtschaftlicher Austausch sowie im Längsschnitt Verlagerungseffekte stattfinden. Im Fall der einfachen Multiplikatoranalyse (vgl. z. B. SCHÄTZL 2001, 149 ff., als Beispielanwendung FESER / V. MALOTTKI ET AL. 2005) wird zwar nur zwischen Zahlungsströmen in die Region und Zahlungsströmen aus der Region heraus differenziert. Verfahren wie die Input-Output-Analyse arbeiten jedoch mit mehreren Sektoren. Auch zahlreiche regionalökonomische Basismodelle mit zwei oder drei Regionen (*core-periphery models*) arbeiten mit mehreren Sektoren und den Interdependenzen zwischen ihnen (z.B. FUJITA / KRUGMAN / VENABLES 2001, 61 ff.).

- Die zeitliche Entwicklung von Angebot, Nachfrage und Preisen ist zunächst eine nicht-räumliche Fragestellung, die bspw. über Mehrgleichungsmodelle bearbeitet werden kann. Anders sieht die Sache jedoch aus, wenn bei heterogenen Gütern die Differenzierung über Standorte erfolgt (wie bei Immobilien) und Marktentwicklungen deshalb unterschiedlich auf verschiedene Standorttypen wirken können.

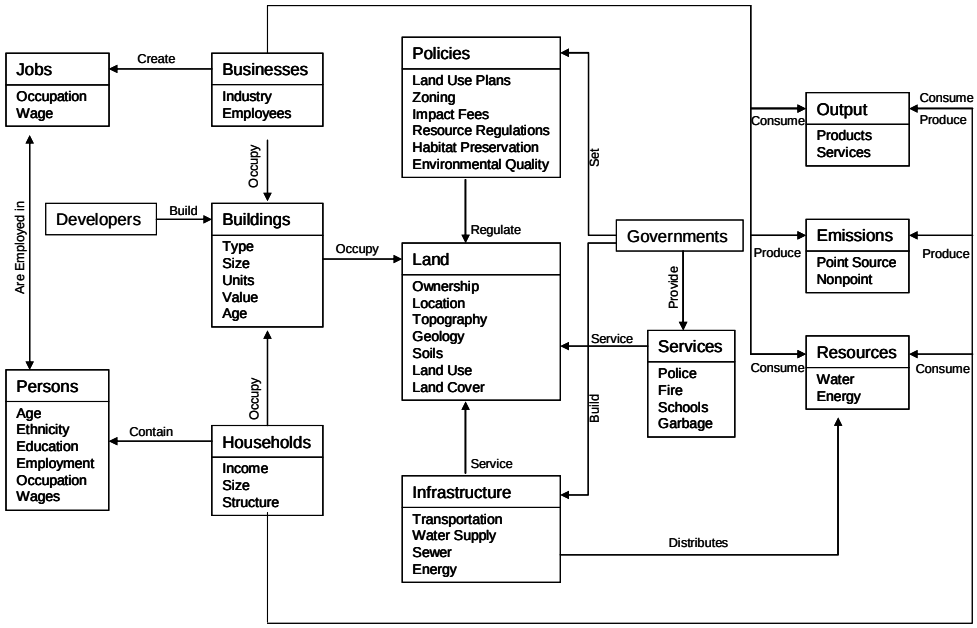
Die Raumbezogenheit ist bei diesen Modellen ziemlich gering. Erstens aus dem Grund, dass Stromgrößen eine wesentliche Rolle spielen, diese aber keinen geometrischen Objekten zugeordnet werden können. Zweitens ist die Zahl der regionalen Einheiten meist so gering, dass eine Verknüpfung mit Geometriedaten keinen entscheidenden Zusatznutzen bringt. Anders sieht die Situation jedoch aus, wenn Demographie-, Sektoren- oder Marktmodelle integriert sind in einen größeren multiregionalen Zusammenhang – dies versuchen die im nächsten Kapitel beschriebenen *Large Scale Urban Models.* Zudem kann die Basismodellierung der zeitlichen Entwicklung mit Hilfe derartiger Modelle einer räumlichen Querschnittmodellierung quasi vorgeschaltet werden – ein Beispiel hierfür ist die Büromarktmodellierung in Teil C und D.

4.3 *Large Scale Urban Models* und Stadtsimulation

4.3.1 Definition und Einordnung

Der Begriff *Large Scale Urban Model* stammt aus der englischsprachigen Literatur und bezeichnet Modelle, welche alle wesentlichen Bereiche der städtischen Wirklichkeit und der Stadtpolitik in ein Modell integrieren: KLOSTERMAN (1994) bezeichnet sie als „*computer-based models for allocating land-use, transportation, and related activities to the subregions of a metropolitan area.*" *Large Scale Urban Models* zielen also darauf ab, die in den vorangegangenen Absätzen beschriebenen Modellansätze so zu integrieren, dass ein komplettes Abbild dynamischer städtischer Prozesse geschaffen wird. WINKELMANN IN ARL (1998, 61) bezeichnet sie als Gesamtmodelle, NOWAK (1973, 41) als Totalmodelle.

Abb. 4-3: Agenten, Entscheidungen und Interaktionen, die in einem städtischen Gesamtmodell zu repräsentieren sind. Quelle: WADDELL / ULFARSSON (2004, 14)



Die Frage, welche städtischen Politikbereiche nun in einem solchen Modell zu modellieren sind, ist so einfach nicht zu beantworten. Jedoch kann von folgenden wesentlichen Eigenschaften ausgegangen werden:

- Die Großmaßstäblichkeit (*large scale*) bedeutet, dass vor dem Hintergrund der Modellierung einer gesamten Stadt (oder Stadtregion) ein vergleichsweise großer Maßstab gewählt wird, d.h. dass die Stadt in viele kleine Teileinheiten unterteilt ist, welche ihrerseits bestimmte Eigenschaften besitzen und miteinander interagieren. Das Modell erreicht somit eine detaillierte (großmaßstäbliche) räumliche Auflösung.[5] Ob die Teileinheiten nun Bauwerke, Baublöcke, Stadtviertel oder Rasterzellen sind und ob Einwohner / Haushalte und Arbeitsplätze / Firmen individuell (d.h. auf der Mikroebene) oder aggregiert (d.h. auf der Makroebene) nachgebildet werden, bleibt dem einzelnen Modell überlassen.

[5] Bei der Begriffsklärung ist zu berücksichtigen, dass ein Maßstab 1 : 1.000 als größer als der Maßstab 1 : 10.000 bezeichnet wird (1.000 und 10.000 stehen im Nenner).

- Der zentrale und unverzichtbare Bereich dieser Modelle ist die Bodennutzung und die Verteilung der Nutzer (Einwohner, Arbeitsplätze) auf die Flächen, welche für die einzelnen Nutzungen ausgewiesen sind. Im Regelfall gehört hier noch eine zusätzliche Modellierung der Gebäude hinzu, sowie eine Modellierung der Nutzerentwicklung selbst (Haushaltsneugründungen, Umzüge etc.) und der öffentlichen Verkehrs- und Versorgungsinfrastruktur sowie deren Nutzung.

- Ebenfalls integriert werden können die Nutzung natürlicher Ressourcen sowie die Notwendigkeit und Auslastung von Gemeinbedarfseinrichtungen. Gerade die frühen Ansätze der siebziger Jahre ignorierten jedoch das Thema Umwelt meist vollständig.

4.3.2 Entstehung in den sechziger Jahren

Large Scale Urban Models gehen zurück auf die sechziger Jahre. Bekannte Vertreter sind *A Model of Metropolis* von LOWRY *(1964), Urban Dynamics* von FORRESTER *(1969),* das Modell *EMPIRIC* (HILL / BRAND / HANSEN 1965), das Modell *NBER* in Detroit (INGRAM / KAIN / GINN 1972) sowie das Modell von HERBERT / STEVENS (1960). In Deutschland wurden insbesondere die Modelle *POLIS* von RUPPERT / WÜRDEMANN (1979) sowie *SIARSSY* von POPP (1977) detailliert ausformuliert.

In ihrer gesamtstädtischen Denkweise sind die *Large Scale Urban Models* Vertreter eines Verständnisses von Stadtentwicklungsplanung, welches in den sechziger Jahren für eine mit wissenschaftlichen Methoden arbeitende, prognostizierbare und steuerbare räumliche Stadtpolitik stand. Typische Vertreter der *Large Scale Urban Models* werden im Folgenden beispielhaft dargestellt. Bei Detailfragestellungen sei auf die angegebenen Literaturquellen verwiesen. Einzelne Detailaspekte (u.a. die Allokationsregel für die Nutzer zu Standorten) werden bei den bürospezifischen Modellen im Teil C noch eingehender diskutiert).

A Model of a Metropolis

LOWRY verfasste 1964 dieses Modell, welches als grundlegende Basis für weitere Stadtmodelle gelten kann. Die Vorbildentscheidung in räumlicher Hinsicht besteht darin, das Gesamtgebiet einer Stadt aufzuteilen in mehrere Zonen *(tracts)*. Das Modell bearbeitet dann die Verteilung der Arbeitsplätze, Bewohner und Pendel- und Einkaufsfahrten zwischen den Zonen. Damit ist ein wesentliches Kernelement eines *Large Scale Urban Models* bearbeitet, allerdings auch nicht mehr. Es soll vielmehr als Basis für fachspezifische Modelle in anderen Bereichen dienen. Man spricht deshalb von einem Partialmodell. Es kommt mit zwölf Gleichungen aus. Dabei wird der Bereich der Arbeitsplätze gemäß der Export-Basis-Theorie unterschieden in *basics* und mehrere *non-basic*-Sektoren. Bevölkerung und Haushalte werden nicht näher spezifiziert.

Die empirische Anwendung des Modells ist nicht ganz einfach, da umfangreiche Matrizen zu den Pendelbewegungen zwischen den Zonen geschätzt werden müssen. Das Modell ist durch die geringe Zahl an Gleichungen zwar relativ transparent, jedoch kaum für praktische Probleme anwendbar. LOWRY gelang jedoch die Kalibrierung für Pittsburgh.

Urban Dynamics

FORRESTERS (1969) systemtheoretischer Ansatz der Modellierung des „Systems Stadt" war eine Übertragung seiner betriebswirtschaftlichen Simulationen (*Industrial Dynamics*) und wurde dann auch auf globale Probleme (*World Dynamics*) ange-

wandt. Das System Stadt besteht aus mehreren rückkoppelnden Regelkreisen, welche aus Bestandsgrößen und Fließgrößen (den Veränderungen der bestände in einer bestimmten Periode bestehen). Durch die Rückkopplungen ist *Urban Dynamics* gegenüber dem *Model of Metropolis* dynamisch und strebt nicht mehr sofort nach Gleichgewichtszuständen. Die Bewertungsfunktionen sind deterministisch, dabei liegt eine Vielzahl an Annahmen und Wertmaßstäben zugrunde, die an sich natürlich kritisiert werden können.

Basis für das Modell bilden die drei Bevölkerungsgruppen Führungskräfte, Facharbeiter und Hilfsarbeiter sowie die ihnen zugeordneten Wohnungen. Die Arbeitsstätten werden durch neue, reife und stagnierende Unternehmen modelliert. Insgesamt 150 Gleichungen modellieren dann die Einflussfaktoren auf die Veränderungen der Bestandsgrößen, welche sich durch Zuwanderung, Abwanderung, Arbeitslosigkeit, Wohnungsneubau, Attraktivitätseinschätzungen u.a. ergeben.

Für die Stadtplanung ist das Modell quasi unbrauchbar, da es lediglich die Entwicklung einer gesamten räumlichen Einheit ohne Teilräume modelliert und in seinen Einflussfaktoren so komplex ist, dass es in der Praxis kaum kalibriert werden kann. Der Erkenntniszugewinn liegt hier eher im theoretischen und methodischen Bereich, eine räumliche Untergliederung ist nicht vorhanden. Das Modell ist aber ein wichtiger Vorläufer für künftige Ansätze.

POLIS

Das Modell POLIS wurde ab 1969 am Battelle-Institut in Frankfurt begonnen. Das Handbuch datiert von 1973, der Endbericht von 1979 (RUPPERT / WÜRDEMANN 1979*).* Beispielstädte für das Modell waren Köln und Wien, die folgenden Aussagen beziehen sich auf das Kölner Modell. Es unterteilt die Stadt in 91 Zonen, die um 33 Zonen aus den umliegenden Landkreisen ergänzt werden.

Über jede Zone werden zu Beginn der Simulation die wesentlichen Daten erfasst:

- die Bevölkerungsstruktur (Altersgruppen, Haushalte nach Personenzahl, Erwerbspersonen nach der Stellung im Beruf u.a.)
- die Arbeitsstättenstruktur (Beschäftigte und Betriebe nach vier Wirtschaftsgruppen)
- der Gebäudebestand (Nichtwohngebäude, Wohnungen nach vier Baualtersklassen und fünf Ausstattungsklassen)
- die Infrastruktureinrichtungen verschiedenen Typs
- die Fläche nach Nutzungsarten
- sonstige Daten (u.a. auch Mieten und Bodenpreise)

Das Angebot an Flächenreserve wird einfach über das Bauland und eine plausible Geschoßflächenzahl berechnet. Auf der Nachfrageseite werden Baulandnutzung und Baufertigstellung gleichgesetzt und als eine Größe modelliert, d.h. es gibt keinen Leerstand. Bereits bekannte zukünftige öffentliche und private Bautätigkeit (und in der Folge Nutzung) kann zusätzlich manuell eingegeben werden. Die Entscheidung über Fertigstellung / Nutzung einer angebotenen Fläche wird beeinflusst durch das zentrale Attraktivitätsmaß der Erreichbarkeit sowie durch die demographische und wirtschaftliche Entwicklung als Triebkraft auf der Nachfrageseite. Über die Methodik dieser Schätzung von Allokationsfunktionen wird in Kapitel 9.2 noch detaillierter eingegangen.

Anhand der Nutzungsverteilung findet auch eine Simulation des Verkehrsaufkommens statt. Eine Veränderung der Verkehrsinfrastruktur wirkt über die Erreichbarkeiten auf die Flächenattraktivität der nächsten Runde zurück. Zur Diskussion verschiedener Erreichbarkeitsindices siehe RUPPERT / WÜRDEMANN (1979, 44 ff.).

Die Ergebnisse der Simulation werden auf Karten ausgegeben. Sie stellen von der Definition her ein vollwertiges Geographisches Informationssystem dar. Die Qualität der Visualisierung entspricht jedoch dem technischen Stand von 1979.

4.3.3 Kritikpunkte und die Ernüchterungsphase

Bereits in den siebziger Jahren wurde umfangreiche Kritik an den technokratisch wirkenden Stadtmodellen laut. Teilweise wurden die Modelle von den Städten zwar unterstützt, letztendlich aber doch sehr zurückhaltend beurteilt. Dies kommt beispielhaft im Vorwort des Leiters des Amtes für Stadtentwicklungsplanung der Stadt Köln in RUPPERT / WÜRDEMANN (1979, 5) zum Ausdruck: „*Indessen sind (…) noch Vorbehalte angebracht, wenn es darum geht, ein solches Modell zu maßnahmenbezogenen Problemlösungen der Stadtentwicklung zu verwenden.*“

In den USA gipfelte die an verschiedenen Stellen geäußerte Kritik in dem Aufsatz *Requiem for large scale models* von LEE (1973). Er fasste die wesentlichen Kritikpunkte zusammen unter den folgenden plakativen *seven sins*:

- *Hypercomprehensiveness*: nach dem Prinzip „alles beeinflusst alles“ werden zu viele städtische Politikbereiche in ein Modell gepackt. Damit soll eine Vielzahl von Anwendern sichergestellt werden, in der Realität mag es aber für Einzelanwender attraktiver sein, sich ein eigenes kleineres Modell für den eigenen Bereich zu bauen, anstatt für jede Fragestellung eines Bereiches immer automatisch alles andere mitzumodellieren.

- *Grossness*: Das Gegenstück dazu: Durch die umfassende Integration aller Politikbereiche wurde in manchen Anwendungsbereichen nicht die erforderliche v.a. räumliche Genauigkeit erreicht.

- *Hungriness*. Das Erfordernis gigantischer Datenmengen, die mit hohem Aufwand generiert und verarbeitet werden müssen.

- *Wrongheadedness*: Hier listet Lee eine Reihe von einzelnen Vereinfachungen der Annahmen der Modelle auf, die in Extremfällen weitergedacht ziemlich absurde Annahmen implizieren. Außerdem wirft er zahlreichen Modellen eine zu starke Status-Quo-Orientierung (d.h. mangelnde Dynamisierung) vor.

- *Complicatedness*: Die Beliebigkeit statistischer Kombinationen angesichts der Variablenvielfalt mit der Folge unüberschaubarer Multikollinearitäten und andererseits doch fehlender Variablen. Hinzu kommt die Tatsache, dass die statistischen Feinheiten und Zusammenhänge beim Anwender in der Praxis den Eindruck einer undurchschaubaren *black box* erzeugen, welche im Gegensatz zur Forderung nach Transparenz der Entscheidungsgrundlagen steht.

- *Mechanicalness*: Eine Kritik an den Ungenauigkeiten, welche bei der Berechnung von Rundungen und iterativen Verfahren mit dem Computer entstehen.

- *Expensiveness*: Die hohen Kosten, die bei der Erstellung der Modelle anfallen.

LEES (1973) Absicht, welche er zwanzig Jahre später noch einmal detailliert darlegte (LEE 1994, 35 ff.) bestand nicht darin, quantitative Methoden in der Planung grundsätzlich abzulehnen. Aus diesem Grund endet sein Requiem auch mit einem Anforderungskatalog G*uidelines for Model Building*, in dem er eine Balance zwischen Theorie (zuviel davon heißt Verlust der Praxis), Objektivität (zuviel davon heißt reine statistische Auswertung ohne Ziel und Zweck) und Intuition sowie transparente und an konkreten Politikproblemen orientierte Modelle forderte. Vielmehr beabsichtigte er, die Talente der Anwender quantitativer Methoden umzulenken (vgl. LEE 1973, 16).

Selbst RUPPERT / WÜRDEMANN (1979, 102 f.) bewerten letztlich die Ergebnisse ihres Allokationsmechanismus negativ: Als Gründe führen sie einerseits den großen Aufwand und die Schwierigkeiten der Datenakquise an. Andererseits sehen sie die grundsätzlichen Bedenken, dass die zonale Attraktivität und die Entscheidungsstrukturen dynamisiert werden müssten. Besonders interessant ist die Frage nach dem grundsätzlichen Zweck von Simulationen und den Simulationsgegenstand: „*Gerade im Bereich der gezielten Beeinflussung der Bautätigkeit besitzt die planende Verwaltung heute (…) so viele und auch wirksame Instrumente, dass eine Ex-Post-Simulation der Bautätigkeit der Investoren mehr und mehr in eine Ex-Post-Simulation von Planungstätigkeit der Verwaltung einmünden wird*“ (RUPPERT / WÜRDEMANN 1979, 103). Vor dem Hintergrund schlanker oder vorhabenbezogener Pläne, Public-Private-Partnerships und der zunehmenden Standortkonkurrenz der Kommunen untereinander mag diese Aussage heute etwas wie eine Selbstüberschätzung der Stadtplanung anmuten.

Die Kritik traf ab dem Ende der siebziger Jahre auf ein sich generell wandelndes Verständnis von Planung und Planungsmethodik. Standen die siebziger Jahre noch unter dem Paradigma der umfassenden (Gesamt-) Stadtentwicklungsplanung, so ergaben sich erste Änderungen im Zuge des Denkmalschutzesjahres 1975 und der darauf folgenden stärkeren Orientierung der Stadtplanung nach innen. Ab den achtziger Jahren wandelte sich die angestrebte Planungsmethodik von der integrierten umfassenden und oft schwerfälligen Stadtentwicklungsplanung hin zum „perspektivisch-inkrementellen“ (GANSER 1991, 59) Vorgehen, welches keinesfalls zusammenhanglos ist oder die ganzheitliche Sicht aufgeben soll, dennoch in kleinen konkreten Schritten arbeitet. Dazu gehört die zunehmende Integration von ökonomischen Instrumenten zu den klassischen rechtlichen (vgl. ALBERS 2005, 1069), die stärkere Orientierung an kooperativen Planungsverfahren sowie in der Folgezeit auch die Steuerung ökologischer Ziele durch das Instrumentarium der Stadtplanung.

Die technokratisch wirkenden *Large Scale Urban Models* als Ausdruck einer umfassenden Gesamtplanung finden in diesem erneuerten Planungsverständnis schwer einen Platz. Da die gesamte quantitative Modellierung in der Planung eher an Bedeutung verlor, lebte die Erstellung räumlich tief disaggregierter Modelle als Art Nischenthema in „Heimarbeit“ (LEE, 1994, 36) weiter.

Einzig in die Verkehrsmodellierung wurden die Modelle zu einem gewissen Teil übernommen, da hierfür die zentralen Bereiche von *Large Scale Urban Models* (Verteilung der Bevölkerung und der Beschäftigten) in einem hohen Detaillierungsgrad, aber auch nur in statischer Form, notwendig sind. Darauf aufbauend konnten auch wieder ökonomische Fragestellungen (z.B. Wirkungen einer Innenstadt-Maut auf den *Modal Split*) analysiert werden. Grundsätzlich blieb es jedoch bei verteilten Systemen für verschiedene Anwendungen.

4.3.4 Die Diskussion um *Urban Modelling* und GIS

Teile von LEE'S Kritikpunkten erledigten sich in den Folgejahren quasi von selbst., bedingt durch den technischen Fortschritt im Bereich der Hard- und Software. Die *mechanicalness* und der Verarbeitungsaspekt der *hungriness* sind heute sicherlich obsolet. Hierzu muss man sich vergegenwärtigen, dass die Stadtsimulationen damals in tagelangen Rechenprozeduren auf Großrechnern liefen. NOWAK (1973, 62) stellt bei der Erörterung des hohen Aufwandes von *Urban Dynamics* bspw. heraus, *"dass Forrester ideale Arbeitsbedingungen gehabt hat, denn in seinem Haus hat er über eine Datenstation (terminal) verfügt, um so Tag und Nacht mit dem Computer zu arbeiten."* Sieht man dazu die Qualität der grafischen Ergebnisdarstellungen von Simulationsläufen (bspw. in RUPPERT / WÜRDEMANN 1979, 67 ff.) an, so kann man zu einem gewissen Teil nachvollziehen, dass die Praxis die Ergebnisse dieser Computerprozeduren als wenig hilfreich für ihre tägliche Arbeit erachtete.

An einzelnen Universitäten weltweit lebte die Tradition der Stadtmodellierung im detaillierten Maßstab jedoch fort. Einen Überblick über die Modellansätze bietet WEGENER (1994).

Wesentliche Neuerung der neunziger Jahre war die zunehmende Verbreitung von Geographischen Informationssystemen (GIS) als Desktop-Software. Sie erleichterte den Zugang und die Verarbeitung von räumlichen lokalisierten Daten. Der Zugang zu den relevanten Daten, die auch die Basis für die Stadtmodellierung bilden, wurde hierdurch für viele Nutzergruppen in den Stadtverwaltungen erleichtert, ohne dass parallel sich das Wissen über die Möglichkeiten der Stadtmodellierung verbreitete.

Die Entwickler der Stadtmodelle waren somit mit der neuen Situation konfrontiert, wie GIS und Stadtmodelle zusammenpassen. 1992 schrieb BATTY (1992, 664) hierzu:

"It is much more difficult to embed conventional urban models within the framework of GIS and there is a tacit acceptance in the field that, wherever such coupling is possible, it is likely to be loose."

Grund hierfür ist die Tatsache, dass die Funktionen von GIS pragmatisch und iterativ aufgebaut wurden. Ein Gesamtkonzept lag zu Anfang nicht vor - denn die Zahl der Zielgruppen als Anwender war und ist so heterogen, dass dies kaum möglich gewesen wäre.

In der Folge plädieren BATTY (1992) und BATTY / HARRIS (1993, 193 ff.) für eine Art Metasoftware namens *planning support system*. Aus heutiger Perspektive, in der die Schnittstellen zwischen GIS und selbst programmierter Software zunehmend leichter werden, scheint eine Parallelinfrastruktur jedoch wenig sinnvoll.

Insgesamt bleibt HARRIS / BATTY (1993, 185) jedoch auch heute noch zuzustimmen, wenn sie GIS nicht als Hauptwerkzeug der Analyse in der Stadtentwicklungsplanung sehen, sondern als Hilfsmittel für andere Systeme, wie z.B. Prognosemodelle (vgl. hierzu auch Kapitel 6.3).

4.3.5 Neue Stadtsimulationen

UrbanSim

Nach der langen Phase des Skeptizismus gegenüber Stadtsimulationen stellt UrbanSim denjenigen Ansatz unter den neuen Stadtsimulationen dar, welche inzwischen am weitesten verbreitet sein dürfte. Das gesamte Programm ist Open-Source und kann über die Homepage www.urbansim.org heruntergeladen werden.[6] Das Modell entstand ab 1994 im Großraum Eugene / Springfield in Oregon. Der Untersuchungsraum ist aufgeteilt in 15.000 Rasterzellen mit einer Seitenlänge von 150 m.

Das Programm ist aus mehreren Submodellen aufgebaut, welche über einen Modellkoordinator miteinander verknüpft sind. Einzelne Teilemodelle behandeln die Themen Erreichbarkeit, Mobilität, Immobilien-Projektentwicklungen, Standortwahl der Nutzer, Baulandpreise sowie ökonomische und demographische Veränderungen. Damit ist im Vergleich zu den vorgenannten Modellen ein höherer räumlicher Detaillierungsgrad gegeben und der immobilienwirtschaftliche Aspekt wird stärker berücksichtigt. Bspw. sind Baulandausweisung, Projektentwicklung und Nutzung im Gegensatz zu POLIS drei verschiedene Phasen, es gibt also auch Leerstand.

Die Nutzerseite wird durch die Agenten Haushalt und Arbeitsplatz repräsentiert. Dabei gibt es jeweils umfangreiche Eigenschaften zu den Nutzertypen, so z. B. das Haushaltseinkommen, das Alter des Haushaltsvorstands, die Zahl der Personen im Haushalt sowie die Zahl der Erwerbstätigen und Kinder im Haushalt. Eingangsdaten für eine derart genaue räumliche Auflösung werden aus Firmenadressdatenbanken und Grundbüchern gewonnen. Die Angaben zur Bevölkerung sind nicht bis auf die Ebene des einzelnen Grundstücks verfügbar. Hier wird mit synthetisierten Populationen gearbeitet. Aufgrund der Tatsache, dass das Modell das Verhalten jedes einzelnen Akteurs nachbildet, handelt es sich hier um eine Mikrosimulation. Auf die methodischen Aspekte dieses Ansatzes sowie die Details (insbesondere unter dem Aspekt der räumlichen Allokation der Akteure) wird im weiteren Verlauf der Arbeit eingegangen. Inzwischen gibt es Versuche auf der ganzen Welt, das Modell für die örtlichen Gegebenheiten anzupassen und empirisch zu schätzen (vgl. GUHATHAKURTA 2003, für Europa siehe am Beispiel Zürich LÖCHL / BÜRGLE / AXHAUSEN 2007).

IRPUD / ILUMASS

In Deutschland wurden Erfahrungen in der Stadtmodellierung im Wesentlichen am IRPUD, Dortmund, weitergeführt. Hierbei ergaben sich in den letzten Jahren mehrere Modelle, die verschiedene Fragestellungen abdecken, dabei allerdings aufeinander aufbauen und teilweise ineinander integriert sind. Das Flächennutzungsmodell des IRPUD (WEGENER 1999) bildet dabei die Basis für das nachfolgende Verkehrs- und Umweltmodell ILUMASS (vgl. MOECKEL / SCHÜRMANN / WEGENER 2002).

[6] Hier sind auch die einführenden Artikel WADDELL (2002) und WADDELL ET AL. (2003) herunterzuladen.

5 Methoden und Werkzeuge der Geomodellierung

Aufbauend auf Kapitel 3 und 4 sind als wesentliche Verknüpfungspunkte zwischen geometrischen und quantitativen Modellen folgende Bereiche zu identifizieren:

- Geometrie als Modellinput für quantitative Analyse – hierzu muss Raum gemessen werden.
- Quantitative Größen als Modellinput (z.B. Gewichtung) für geometrische Fragestellungen.
- Geometriedaten als Basis für räumliche Visualisierungen von quantitativen Daten

Für alle drei Vorgehensweisen stehen gewisse Hilfsmittel zur Verfügung, die von Statistik und Geostatistik über verschiedene etablierte raumbezogene Modellierungsansätze bis zu Geographischen Informationssystemen als Arbeitsoberfläche reichen. Sie sollen im Folgenden zusammen mit aktuellen sich auswirkenden technischen Entwicklungen vorgestellt werden.

5.1 Schnittfeld quantitativer Methoden und räumlicher Analyse

5.1.1 Statistische Grundlagen

Als Vereinfachung der Realität kommen Modelle meist nicht umhin, Wirkungsbeziehungen über Parameter zu schätzen. Während bei einer Rechnung in Szenarien die Schätzgrößen induktiv angenommen werden und die Rechenergebnisse als explorativ anzusehen sind, kommen deduktiv arbeitende Modelle nicht ohne statistische[7] Grundlagen aus. Unabhängig vom Querschnitts- oder Längsschnittdesign eines Modells wird dabei im Regelfall aus einer Stichprobe auf eine größere Grundgesamtheit geschlossen (ein Beispiel ist die hedonische Preisfunktion, bei welcher durch die Eigenschaften eines Gebäudes auf seinen Wert geschlossen wird – sie wird in Kapitel 9 und 15 detaillierter erläutert).

Innerhalb dieser Stichproben werden quantitative Beziehungen und ihre Signifikanzen getestet. Für die Anwendung und Interpretation der Modelle ist problematisch, dass statistische Zusammenhänge noch nicht zwangsweise auf die Richtung der Ursache-Wirkungs-Beziehung hinweisen. Auch können Scheinkorrelationen auftreten: Bspw. sind im Modell von ALONSO (1964) und teilweise wohl auch in der Realität innerhalb einer Stadt hohe Bodenpreise positiv korreliert mit niedrigen Haushaltseinkommen. Dass die Erklärung hierfür die in den geringeren Transportkosten im Zentrum (kein Auto nötig) und der höheren städtebaulichen Dichte liegt (Haushalte mit hohem Einkommen zeigen höhere Präferenz für große Grundstücke und Pendeln als für kleine Grundstücke und zentrale Lage), geht aus der statistischen Beziehung allein nicht hervor. Im Einzelfall müssen statistische Ergebnisse deshalb auch immer einer qualitativen Diskussion standhalten.

Gängige multivariate statistische Modelle, welche in der Geomodellierung Anwendung finden sind v.a. die lineare Regression, die binär-logistische und die multiple logistische Regression sowie Verfahren wie die Faktoranalyse, die Conjoint-

[7] Die Begriffe statistisch und ökonometrisch werden hier synonym verwendet.

Analyse oder die Clusteranalyse. An dieser Stelle kann jedoch keine Einführung in die multivariate Statistik stehen, hierzu sei auf gängige Lehrbücher verwiesen (vgl. z.B. BACKHAUS / ERICHSON / PLINKE / WEIBER 2000; GREENE 2000). Für die folgenden Abschnitte seien am Beispiel der linearen Regression die relevanten Begriffe geklärt:

$$(Gl.\ 5\text{-}1) \quad y = \beta_0 + \sum_n \beta_n x_n + \varepsilon \qquad (Gl.\ 5\text{-}2) \quad \hat{y} = \beta_0 + \sum_n \beta_n x_n$$

Dabei wird y als erklärte oder zu erklärende Variable bezeichnet, x_n als erklärende Variable, ε als Störterm, b_0 als Konstante und b_n als Koeffizienten. Der mit Hilfe der Gleichung errechnete Schätzwert für y wird in dieser Arbeit mit $\hat{y}$ bezeichnet.

5.1.2 Quantifizierung räumlicher Einflussgrößen

Bevor nun über die „Verräumlichung" ökonometrischer Modelle durch die Einbeziehung quantitativer räumlicher Parameter diskutiert wird, muss zunächst geklärt werden, wie „Raum" gemessen werden kann. Hierfür stehen verschiedene Konzepte zur Auswahl.

Räumliche Dummy-Variable

Der einfachste Fall ist eine diskrete Auswahl an verschiedenen Lagen. Dies ist bspw. dann gegeben, wenn ein Modell mit den zwei räumlichen Einheiten Stadtzentrum und Reststadt arbeitet. Alternativ können verschiedene Stadtviertel erfasst werden. Dabei wird pro Stadtviertel eine Dummy-Variable verwendet, welche bei Lage des Objekts im entsprechenden Bereich den Wert 1 annimmt und im gegenteiligen Fall den Wert 0. Das Konzept ist aber limitiert, da die Zahl der erklärenden Variablen sehr schnell ansteigt. Zudem ist der Aussagewert der Lage innerhalb von Bereichen relativ gering, da man ja eigentlich nach Gründen für Eigenschaften sucht. Hohe Immobilienwerte bspw. können so zwar in der Form „auf dem Killesberg sind die Preise um x € höher" beschrieben werden. Interessanter wäre aber die Frage, welche räumlichen Eigenschaften des Killesberges (Stadtnähe, gute Sicht, Nähe Grünflächen, Baustruktur, Verkehrsanbindung) der Grund für das hohe Preisniveau sind.

Zudem sei darauf hingewiesen, dass ein unregelmäßiger Zuschnitt der Stadtviertel, welcher politischen oder administrativen Gründen geschuldet sein mag, oftmals in einer Art und Weise über die räumliche Zuordnung entscheidet, dass dies zu Verzerrungen der Ergebnisse führen kann (*modifiable area unit problem*). BATTY / XIE / SUN (1999, 207) führen diesen Punkt als grundsätzliches Argument für die Arbeit in der Raster-Welt an. Dies erscheint aber insbesondere in topographisch bewegten Städten (z.B. Stuttgart) ungeeignet, da hier natürliche Grenzen (Hangkanten, Flüsse etc.) sinnvollere Gebietsgrenzen sind als jede willkürlich festgelegte Rasterlinie.

Die Herausforderung besteht demnach darin, Lage mit Hilfe stetiger Größen zu messen (bei induktivem Vorgehen) oder als signifikant in ihrer Wirkung auf eine Zielgröße (bei deduktivem Vorgehen) nachzuweisen. Im folgenden Absatz soll deshalb in einem kurzen Überblick auf die Frage eingegangen werden, welche Konzepte es gibt, um räumliche Begriffe wie Nachbarschaft, Entfernung oder Erreichbarkeit zu messen.

Nachbarschaft

Die Frage nach der Nachbarschaft ist zunächst eine diskrete Fragestellung. In der Grundversion geht es um die einfache ja / nein-Entscheidung, ob ein Objekt (Baublock, Gebäude, Stadt) zu einem anderen Objekt benachbart ist oder nicht.

Die entscheidende Frage ist dabei diejenige nach der Definition der Nachbarschaft: In einem Rasterzellen-Modell können die vier unmittelbar senkrecht und waagrecht angrenzenden Zellen als Nachbarn bezeichnet werden (Von-Neumann-Nachbarschaft). Bezieht man auch die diagonalen Nachbarn mit ein, so erhält man acht Zellen (Moore-Nachbarschaft). Das Konzept lässt sich erweitern, wenn nicht unmittelbare Nachbarschaft (Adjazenz) als Kriterium ausgewählt wird, sondern eine gewisse Distanz vorgegeben wird (z.B. näher als fünf Zellen).

Verlässt man das Raster, so kann die Nachbarschaft zwischen zwei Polygonen beispielsweise über das Vorhandensein einer gemeinsamen Kante definiert werden. Dies ist beispielsweise dann sinnvoll, wenn eine nahtlose Aufteilung eines Raumes in Polygone (Stadtviertel, Baublöcke o.ä.) vorliegt. Hier tritt wiederum das *modifiable area unit problem* auf. Bewegt man sich im Vektor-GIS, so mag eine Definition der Nachbarschaft über die Entfernung oder die Erreichbarkeit (s.u.) sinnvoller sein. Dies ist v.a. dann sinnvoll, wenn die Nachbarschaft zwischen Punkten (Städte, Supermärkte o.ä.) oder nicht aneinander grenzenden Polygonen (freistehende Gebäude) bestimmt werden soll. Allerdings kann hier auch eine Zuordnung des Raumes zwischen den Punkten zum jeweils nächsten Punkt erfolgen (über Voronoi-Diagramme bzw. Thiessen-Polygone).

Aus Anwenderperspektive ist jedoch die rein räumliche Nachbarschaftsbeziehung in Frage zu stellen. Wu (1999, 205) fordert in diesem Zusammenhang die Arbeit mit funktionalen statt räumlichen Nachbarschaften – das können beispielsweise Einzugsbereiche von zentralen Orten oder Einkaufszentren sein.

Gängige Geographische Informationssysteme verfügen stets über Analysetools zur Messung von Nachbarschaft. Oft sind die Werkzeuge allerdings mit Entfernungsmaßen kombiniert.

Entfernung, Fahrzeit und Transportkosten

In vielen Fällen soll nicht zwischen diskreten Alternativen entschieden, sondern der Grad der Nachbarschaft gemessen werden. Hierzu sind verschiedene Maße für Entfernungen, Fahrzeiten und Transportkosten in Gebrauch.

Im euklidischen Raum ist die Gerade die kürzeste Entfernung zwischen zwei Punkten. Auf ihr wird die Entfernung gemessen. Bei größeren Distanzen ist die Erdkrümmung zu berücksichtigen. Hier mag bspw. das Kugelmodell der Erdoberfläche mit der Koordinatenangabe in geographischen Koordinaten eine einfache Messmöglichkeit bieten. Durch die Einstellung eines Koordinatensystems ist die Krümmungsproblematik in Geographischen Informationssystemen unmittelbar berücksichtigt.

Soll jedoch nicht die Entfernung zwischen Punkten, sondern zwischen Polygonen gemessen werden, so kann entweder die minimale Distanz analysiert werden oder man arbeitet mit Schwerpunktkonzepten. Bei letzteren ist wiederum der geometrische Schwerpunkt des Polygons (bspw. eines Baublocks oder Stadtviertels) zu unterscheiden von Schwerpunkten, die mit Hilfe externer Informationen gebildet werden (bspw. wenn der Schwerpunkt eines Stadtviertels anhand des Schwerpunktes der Wohnbevölkerung gemessen wird).

Im Raster muss ähnlich wie bei der Nachbarschaft die Frage nach der Zulässigkeit diagonaler Strecken gestellt werden. Die Behandlung des Problems in Rasterzellen ähnelt dem Problem der Streckenbestimmung in einem regelmäßigen Raster-Straßennetz – bei letzterem (Manhattan-Metrik) sind diagonale Bewegungen nicht möglich.

Komplizierter ist die Fragestellung nach der Entfernung in nicht regelmäßigen Netzen. Die Bestimmung des jeweils kürzesten Pfades erfolgt über Algorithmen, die bspw. auch in Routenplanern enthalten sind. Zahlreiche GIS-Systeme enthalten Werkzeuge zur Analyse von Fragestellungen im (Straßen- / Wasser- / Bahn-) Netz. Problematischer ist es meist, die entsprechenden Netzdaten in aktueller und detaillierter Qualität zu erhalten. Gerade bei der Analyse fußläufiger Entfernungen besteht das Problem, dass Fußwege von niemandem ausreichend genau erfasst werden. Bei relativ regelmäßigen Straßennetzen kann alternativ zur Streckenmessung in Metern oder Kilometern auch die Zahl der Knoten oder Blöcke gemessen werden.

Die rein entfernungsbezogene Sichtweise – unabhängig von Luftlinie oder Netzanalyse – ist jedoch in vielen Fällen nicht angemessen und kann lediglich als Näherungswert verstanden werden. Nach ökonomischer Sichtweise stellt der Raum ein Hindernis dar, welches beim Transport von Produktionsgütern, zur Verhandlung mit Geschäftspartnern oder beim Pendeln überwunden werden muss. Entfernung korreliert dabei nur in einem gewissen (fallabhängig zu bestimmenden) Maße mit den beiden ökonomischen Messgrößen Zeit und Kosten.

Traditionelle Standortwahlmodelle im produzierenden Gewerbe arbeiten dabei meist mit Transportkosten, die sich proportional zur Entfernung verhalten und lediglich zwischen verschiedenen Gütern variieren (z. B. WEBER 1909).

In der heutigen Zeit – und insbesondere dann, wenn es um Dienstleistungsnutzungen geht – spielt die Reisezeit die wichtigere Rolle. Routenplaner arbeiten dabei meist mit Pauschalgeschwindigkeiten für Autobahnen, Landstraßen und innerstädtische Straßen, so dass zumindest näherungsweise Reisezeiten im Netz bestimmt werden können. In GIS-Analysemodulen für netzgestützte Infrastruktur ist dies ebenfalls möglich.

Erreichbarkeit

Erreichbarkeit misst nicht die Entfernung (Zeit, Kosten) zwischen zwei Punkten sondern stellt eine objektbezogene Eigenschaft dar, welche die Lage eines Objektes zu mehreren anderen misst.

Hierzu können die gerade diskutierten Maße Entfernung, Fahrzeit oder Kosten verwendet werden. Im einfachsten Fall wird der minimale Wert zum nächsten Nachbarn (*nearest neighbour*) verwendet. Dies ist besonders bei der Beurteilung von Erreichbarkeiten öffentlicher Infrastruktur für private Haushalte sinnvoll (die nächste Bahnstation, der nächste Kindergarten etc.).

Stellt dies keinen sinnvollen Ansatz dar, so kann die durchschnittliche Entfernung (Reisezeit, Kosten) zu allen oder zu einer beschränkten Zahl der Zielobjekte gemessen werden. Dies ist bspw. bei der Messung der Clustereffekte von Arbeitsplätzen (die mittlere Entfernung zum 10.000sten Arbeitsplatz, vgl. RUPPERT / WÜRDEMANN 1979, 44) oder bei der Messung der Erreichbarkeit verschiedener Autobahnen (durchschnittliche Reisezeit zu den Autobahnen im Norden und Süden einer Stadt o.ä.) sinnvoll.

Alternativ kann statt der Zahl der Ziele auch die Messgröße Entfernung / Zeit / Kosten beschränkt werden und die Ziele gemessen werden. Der Raum wird also (willkürlich oder bewusst) in erreichbar und nicht erreichbar oder verschiedene Erreichbarkeitsklassen unterteilt. Notwendig hierfür ist zunächst die Konstruktion von Bereichen innerhalb einer Isolinie, innerhalb der der festgelegte Wert für Entfernung, Zeit oder Kosten nicht überschritten wird. In der Ebene (bspw. im Grundmodell v. THÜNENS 1826) verlaufen die Isolinien verschiedener Entfernungen / Zeiten / Kos-

ten kreisförmig um den Mittelpunkt. Allerdings sind selbst bei V. THÜNEN (1826)[8] bereits verschiedene Transportkosten für den Landweg und einen Fluss berücksichtigt. In diesem Fall ändert sich das Landnutzungsmuster entlang des kostengünstigen Transportweges. Der Effekt bei der Reisezeit ist der gleiche: Entlang hochrangiger Verkehrstrassen ergeben sich Ausbuchtungen der Isochronen nach außen (vgl. auch ALONSO 1964, 133). In Geographischen Informationssystemen können durch diese Methode bspw. die Einzugsbereiche von Supermärkten als Polylinien ausgegeben werden. Das Maß für die Erreichbarkeit ist die *Zahl* der Objekte / Kunden etc. innerhalb einer definierten Isolinie. Neben der *Zahl* der Objekte innerhalb des Nachbarschaftsbereiches können auch die Eigenschaften dieser Objekte gemessen werden. Im gewählten Beispiel des Supermarktes wäre sicherlich die *durchschnittliche* Kaufkraft aller Kunden oder der nach Verkaufsfläche *maximale* Konkurrent von Interesse.

Ein alternatives Konzept der Entfernung wählt DESYLLAS (2000): In seiner Studie zum Einfluss von Lagefaktoren auf Büromieten in Berlin vor und nach der deutschen Wiedervereinigung wählt er die Konnektivität als Einflussgröße: Konnektivität erster Ordnung ist dabei eins plus die Zahl der Straßen, welche die Straße des Bürogebäudes schneiden. Bei der Konnektivität zweiter Ordnung kommt dann die Zahl der Straßen hinzu, welche die Straßen der Konnektivität erster Ordnung schneiden usw. DESYLLAS (2000, 117) arbeitet v.a. mit der dritten Ordnung als Maß für die lokale Integration und mit der neunten Ordnung für die gesamtstädtische Integration.

Problematisch ist bei all diesen Konzepten, dass die Grenze zwischen erreichbar und nicht erreichbar bzw. die Entscheidung für die Konnektivität x-ter Ordnung teilweise willkürlich gezogen, anhand von Vermutungen gewählt oder in verschiedenen Varianten auf Signifikanz hin abgetestet werden muss. Je nach Aufgabenstellung sind jedoch Clustereffekte von Bedeutung – die Entfernung (Reisezeit etc.) soll also so gewählt sein, dass innerhalb der Grenze vergleichsweise viele Ziele liegen. Hierfür existieren geostatistische Verfahren, auf die noch eingegangen wird.

Räumliche Gewichtungen

Alternativ können deshalb nahe Ziele höher gewichtet werden und ferne Ziele geringer (analog zum Gravitationsmodell). Danach werden die so bestimmten Nutzengewichte einzelner oder aller Ziele aufsummiert. Problematisch ist dabei die Wahl des Gewichtungsparameters. Er nimmt in der einfachen Nachbarschaftsabfrage oder bei Erreichbarkeitszonen nur die Werte Null (kein Nachbar) oder Eins (Nachbar) an. Komplizierter, aber auch willkürlicher ist die Gewichtung eines Nachbarn (oder aller Objekte einer Klasse) mit der Distanz, der Zeit bzw. den Transportkosten. So könnte man die Zahl der Bushaltestellen im Umfeld einer Immobilie mit der Entfernung gewichten. Die Festlegung der Funktion (wie verhält sich der Nutzen von 300 m zum Nutzen von 500 m Abstand) wird allerdings schnell willkürlich. Im gewählten Beispiel ist sicherlich auch ein Grenzwert festzulegen (ab wann ist die Haltestelle völlig nutzlos). Die einfachste Gewichtungsfunktion dürfte die Inverse der Distanz sein:

(Gl. 5-3) $$w_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$$

mit w = Gewichtungsparameter, i = Startobjekt, j = Zielobjekt, d = Distanz

[8] Die Grafik ist leichter zugänglich bspw. auch in BOUSTEDT (1975, 24) abgebildet.

Noch komplizierter wird es, wenn im gewählten Beispiel in die Bewertung nicht nur die Entfernung, sondern weitere räumliche Parameter (im Beispiel des Busses Takt, Linienlänge, Fahrtzeit in die City o.ä.) eingehen. Die Gewichtung der verschiedenen Teilnutzwerte ist kaum mehr empirisch zu fundieren.

5.1.3 Nachweis räumlicher Einflussgrößen in Regressionsgleichungen

In „normale" statistische Modelle mit zu erklärenden Variablen mit Raumbezug können die eben beschriebenen räumlichen Messgrößen wie Zonendummies, Nachbarschaft, Entfernung, Reisezeit und Erreichbarkeit als erklärende Variable aufgenommen werden. Sie wandeln die abstrakten Kategorien Raum und Lage in quantitative Größen um.

Ihre Vielfalt macht jedoch einen geostatistischen Nachweis mit Hilfe von Geographischen Informationssystemen im Falle des „Durchtestens" verschiedener Maße arbeitsaufwändig. Einerseits hilft deshalb eine vorab stattfindende theoretische Überlegung, welche räumlichen Maße sinnvoll sind. Auf der anderen Seite haben sich in der Geostatistik oder räumlichen Ökonometrie (*spatial econometrics*) Methoden herausgebildet, welche die Frage beantworten, ob ein Modell räumliche Unterschiede abbildet oder nicht.

Vorgehen

Im Normalfall wird bei der Aufstellung eines statistischen Modells mit räumlichen Variablen zunächst eine (z. B. farbliche) Darstellung der lokalisierten Werte der im Modell zu erklärenden Variablen Aufschluss darüber geben, ob bestimmte Bereiche Besonderheiten aufweisen oder ob ähnliche Werte gemeinsame Cluster bilden. Anhand dieser Karte können Hypothesen aufgestellt werden.

Parallel dazu wird zwischen den bekannten Attributen und der zu erklärenden Variablen eine Korrelationsanalyse durchgeführt, welche Wirkungen der nicht-räumlichen Einflussfaktoren misst.

Sind räumliche und nicht-räumliche Variablen zur Erklärung eines Modells herangezogen worden, so empfiehlt sich, dass die Residualgrößen eines Modells (also die statistischen Fehler, die zwischen tatsächlichem Wert der Stichprobe und geschätztem Wert des Modells liegen) nochmals in einer Karte visualisiert werden.

Ergeben sich unregelmäßig verstreute Cluster mit hohen und niedrigen Werten, so spricht dies für Ausstrahleffekte, bei welchen die Eigenschaft eines Analysepunktes oder -bereiches von der Eigenschaft der umliegenden Punkte (Bereiche) abhängt (räumliche Autokorrelation, *spatial lag*). Räumliche Autokorrelation der Residuen verzerrt prinzipiell die angegebenen Koeffizienten, so dass sie nach Möglichkeit reduziert werden sollte. Eine Lösung wäre, räumlich zu aggregieren, d.h. vom Gebäude zum Baublock oder vom Baublock zum Stadtviertel. Oft ist dies aber nicht sinnvoll, wenn dadurch auch andere erklärende Variable in Mitleidenschaft gezogen werden. Von der Fragestellung des modellierten Gegenstandes hängt es dann ab, ob das Vorhandensein räumlicher Ausstrahleffekte eine wertvolle Aussage ist. Wird bspw. der Einfluss von Sanierungsgebieten auf die Bauinvestitionen in der Nachbarschaft untersucht, so sind genau die Ausstrahleffekte von Interesse. In diesem Fall sollte Nachbarschaft auch entsprechend als erklärende Variable mit einbezogen werden. In anderen Fällen möchte man räumliche Autokorrelation ausschließen. MITCHELL (2005, 223) erläutert hier ein räumliches Filterverfahren, welches jede erklärende Variable in einen räumlichen und einen nicht-räumlichen Einflussanteil zerlegt.

Weisen großflächige Bereiche andere Werte auf als der Rest, so spricht das für zusätzliche Einflussfaktoren, die nur in diesem Bereich wirken. Ist keine sachliche Erklärung möglich, so mag hier der oben angesprochene räumliche Dummy helfen.

Testverfahren

Über das rein intuitive Betrachten und Schlussfolgern aus den Plots der erklärten Variable und der Residuen hinaus existieren in der Geostatistik Methoden, um räumliche Verteilungen, Cluster (bzw. als Gegenstück Dispersion) und räumliche Autokorrelation zu messen.

Räumliche Verteilungen verschiedener Typen von Objekten (räumliche Verteilung der Einfamilienhäuser gegenüber Verteilung der Geschosswohnungen) können bspw. über die Lage des geographischen Mittelpunktes oder die Wahl des Objekts mit der geringsten Summenentfernung zu allen anderen Objekten beschrieben werden. Hinzu kommt das Konzept der räumlichen Standardabweichung, welche die Kompaktheit von Verteilung misst (zu allem siehe MITCHELL 2005, 39 ff.).

Für die Messung von Clusterung und Dispersion von einfachen Punkt-Objekten (alle Adressen, an denen sich bspw. Ärzte befinden), existieren verschiedene Verfahren, die entweder die mittlere Distanz zum nächsten Nachbarn, das Vorkommen in überlagerten Rasterzellen oder in Kreisen um ein Objekt messen und dieses dann mit den im Falle von zufälliger Verteilung zu erwartendem Verhalten vergleichen (u.a. K-Statistik, vgl. MITCHELL 2005, 72 ff.). Hierüber wird noch ein Signifikanztest durchgeführt, um das Niveau der Sicherheit der Aussage „es handelt sich um ein Cluster“ oder „die Objekte sind räumlich disperser verteilt als zufällig zu erwarten wäre“ zu verifizieren. Zu erwarten ist bspw., dass alle Supermärkte einer Kette sich innerhalb von bebauten Bereichen disperser als zufällig verhalten (denn die dortigen Standortmanager versuchen, weitestgehend das Gebiet abzudecken). Betriebsformen mit starken Fühlungsvorteilen (alle Bekleidungsgeschäfte einer Stadt) weisen dann entsprechend hohe Maßzahlen für Clusterung auf. Die Verfahren können dazu verwendet werden, um diejenige Entfernung herauszufinden, in denen die Clustereffekte besonders hoch sind. Diese dient dann als Maßgröße für die im statistischen Modell zu testenden Variablen.

Soll jedoch nicht die Clusterung der Objekte selbst, sondern die Clusterung der Eigenschaften (Attribute) eines Objektes untersucht werden, sind andere Verfahren notwendig. Zunächst ist jedoch zu unterscheiden, ob eine übergreifende (globale) Maßzahl für den Grad der Clusterung (ähnlich dem Korrelationskoeffizienten) gesucht wird oder ob für jeden Punkt eine (lokale) Maßzahl für die Übereinstimmung mit dem Nachbarn gesucht wird. Ein Konzept von mehreren für die Messung der Autokorrelation ist der Parameter Moran’s I, den es in globaler und lokaler Ausprägung gibt (vgl. MITCHELL 2005, 121 und 167). Er zeigt analog zum Korrelationskoeffizienten den Wert 1 bei starker Autokorrelation und von 0 bei niedriger Autokorrelation.

Die G-Statistik misst im Gegenzug zum Moran’s I nicht das Vorhandensein von Autokorrelationseffekten, sondern die Frage, ob eher hohe oder eher niedrige Werte clustern.

5.1.4 Weitere geostatistische Verfahren

Die räumliche Statistik hat sich in den letzten Jahrzehnten zu einem umfangreichen Forschungsfeld entwickelt. Je nach Ausrichtung sind unterschiedliche Begriffe zwischen *spatial econometrics* (mit Anwendungsfokus Regionalökonomie) und *geostatistics* (eher in den physischen Geowissenschaften) in Gebrauch. Die gerade vorgestellten Verfahren der Quantifizierung räumlicher Einflussfaktoren in klassi-

schen Verfahren der multivariaten Statistik decken hier nur denjenigen kleineren Teil ab, der in Teil C und D auch verwendet oder diskutiert wird. Eine Evaluierung komplizierterer und neuerer Verfahren der Geostatistik im Hinblick auf ihre Verwendbarkeit für Stadtplanung und Immobilienwirtschaft erscheint dabei als interessantes Forschungsfeld, welches mit dieser Arbeit nicht abgedeckt werden kann. Am Rande sei noch bemerkt, dass eine adäquate Verwendung der relativ einfachen eben angesprochenen Verfahren in der Praxis angewandter stadtplanerischer und immobilienwirtschaftlicher Forschung zumindest in Deutschland (noch) kaum gegeben ist. Auch hier ist auf weitere Arbeiten zu hoffen.

Als weitere geostatistische Verfahren, die in eine Evaluierung der Tauglichkeit für Stadtplanung und Immobilienwirtschaft einbezogen werden könnten, sind u.a. zu nennen (vgl. FOTHERINGHAM / ROGERSON 1994):

- Techniken des *smoothing*, die zufällige Abweichungen eliminieren und die Zielwerte auf den rein raumbezogenen Schätzer reduzieren (bspw. in der Risikobewertung).
- Interpolationstechniken wie das *inverse distance weighting* oder das *kriging* zur Bestimmung kontinuierlicher Schätzwerte (was bspw. auch in der Bodenmarktanalyse brauchbar sein könnte).
- Geographisch gewichtete Regressionen, in denen statt räumlicher Dummy-Variablen ein regionsspezifischer Koeffizient jeweils mit allen anderen Koeffizienten multipliziert wird (siehe hierzu auch MITCHELL 2005, 219).

Für die mathematischen Grundlagen und weitere Modelle sei auf entsprechende Einführungen (ANSELIN 1988, ARBIA 2006) verwiesen.

5.2 Raumbezogene Modellierungsansätze

5.2.1 Spatial interaction / System dynamics

Die Systemtheorie als wissenschaftliche Methode wurde ab den 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts als disziplinübergreifende Methode zur dynamischen Modellierung und Analyse von Gruppen von Objekten und deren Veränderungen verwendet. Sie arbeitet im Regelfall auf der Aggregatdatenebene mit Mehrgleichungssystemen, welche die Zusammenhänge zwischen Bestandsgrößen (*stocks*) und Stromgrößen (*flows*) beschreiben.

In der einfachen Fassung handelt es sich um geschlossene Systeme (d.h. nur endogene Variable) mit linearen Gleichungen. Dabei hängen die Veränderungsraten der Variablen $X_1 \ldots X_n$ von den Beständen aller (oder bestimmter) Variabler $X_1 \ldots X_n$ ab.

(Gl. 5-4)

$$\begin{aligned}
\Delta X_1(t) &= \beta_1 X_1(t) + \beta_2 X_2(t) + \ldots + \beta_n X_n(t) \\
\Delta X_2(t) &= \beta_1 X_1(t) + \beta_2 X_2(t) + \ldots + \beta_n X_n(t) \\
&\ldots \\
\Delta X_n(t) &= \beta_1 X_1(t) + \beta_2 X_2(t) + \ldots + \beta_n X_n(t)
\end{aligned}$$

Die Koeffizienten β können ökonometrisch bestimmt oder induktiv gesetzt werden. Im geschlossenen System kann das Gleichungssystem mit gegebenen Koeffizienten rechnerisch gelöst werden (vgl. hierzu BENENSON / TORRENS 2004, 48 ff., BRONSTEIN 2000, 518 ff.). Bspw. kann damit in einem bestehenden System der Wert jeder Variablen zu jedem zukünftigen Zeitpunkt bestimmt werden.

Komplizierter wird die Situation, wenn das Gleichungssystem nicht mehr lösbar ist. Dies tritt dann auf, wenn entweder nichtlineare Funktionen oder exogene Variablen einfließen. Interessant ist dann das zukünftige Muster der Werte der Variablen – d.h. die Frage, unter welchen Bedingungen das System gegen ein stabiles Gleichgewicht strebt, regelmäßig alternierende Muster entwickelt oder chaotisches Verhalten aufweist. Zu unterscheiden sind globale Gleichgewichte (System strebt unabhängig vom Ausgangspunkt bei gegebenen Koeffizienten immer gegen einen Wert) von lokalen (System strebt nur innerhalb eines gewissen Bereiches gegen einen Wert). Ändert sich innerhalb eines unendlich kleinen Bereichs der Ausgangswerte der Output des Systems sprunghaft, so spricht man von Bifurkation.

Räumliche Systeme unterscheiden einerseits zwischen verschiedenen Bestandsgrößen innerhalb eines Raumes (alle Einwohner, alle Fahrzeuge o.ä.). Andererseits können die Bestände nach räumlichen Zonen unterteilt werden. Damit gewinnt automatisch die Frage nach den Strömen zwischen den Zonen (Migration, Verkehr, Warenlieferungen) an Bedeutung. Insofern sind Gravitationsmodelle in der Migrationsforschung als Anwendungsfall zu sehen. Ein Beispiel für ein offenes System mit linearen Gleichungen ohne räumliche Zonierung findet sich in den Büromarktmodellen in Kapitel 8.3 und 10.1.

5.2.2 Mikrosimulation und *Discrete Choice Models*

Mikrosimulationen antworten auf die Problematik, dass in vielen systemdynamisch inspirierten Stadtmodellen mit zu stark aggregierten Zonen und Größen gearbeitet wird. Innerhalb der Zonen werden oft nur wenige Arbeitgeber-, Haushalts- oder Wohnungstypen unterschieden (so bspw. bei FORRESTER 1969). Im in Teil C und D dieser Arbeit gewählten Beispiel der Büromarktanalyse scheidet eine räumlich zonierte systemdynamische Lösung bspw. wegen Datenmangels aus.

Die Grundidee der Mikrosimulation ist, einen Makroprozess durch viele Mikroprozesse zu ersetzen (vgl. MOECKEL / SCHÜRMANN / WEGENER 2002, 5). Simuliert wird also die Entscheidung der einzelnen Akteure wie Haushalte, Firmen, Autos o.ä. Hierdurch wird eine deutlich größere Detailliertheit der Informationen erreicht. Insbesondere kann das Verhalten des Einzelakteurs, bedingt durch seine spezifische Situation und seine Eigenschaften, erheblich von der in der Systemdynamik modellierten Gruppe abweichen. Allerdings ist der Datenbedarf auf der Mikroebene entsprechend höher. Trotz ihrer erhöhten Komplexität sind sie jedoch eher leichter gegenüber Entscheidungsträgern und Bürgern vermittelbar, da individuelle Akteure einen anschaulicheren Erklärungsgegenstand darstellen (vgl. BENENSON / TORRENS 2004, 10) .

Da die Einzelentscheidung eines Akteurs oft diskreter Natur ist (zieht um – zieht nicht um o.ä.), kann sie nicht quantitativ prognostiziert werden. Deshalb arbeiten die Modelle stochastisch, d.h. jeder Akteur (Arbeitgeber, Haushalt etc.) entscheidet sich mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit für gewisse Ereignisse. Im Anschluss wird sozusagen eine „virtuelle Volkszählung“ durchgeführt und das Verhalten aller Akteure reaggregiert. (vgl. TROITZSCH in: HERZ / BLÄTTE 2000, 185). Die Eintrittswahrscheinlichkeiten für die entsprechenden Ereignisse müssen jeweils geschätzt werden. Bei einer Schätzung aus Daten der Vergangenheit bietet sich hierfür ein *discrete choice model* an. Als Schätzgleichung bietet sich hier eine multiple oder binäre logistische Regressionsgleichung an. Auf Beispiele hierfür wird bei der Diskussion von Mikromodellen in Kapitel 9 und 15 noch genauer eingegangen.

Das Problem in der Mikrosimulation besteht oft darin, dass keine entsprechenden Mikrodaten vorhanden sind oder aus datenschutzrechtlichen Gründen auch gar nicht vorhanden sein dürfen (bzw. nicht verwendet werden dürfen). Eigene Veröf-

fentlichungen oder Modellteile beschäftigen sich deshalb damit, wie synthetische Populationen erschaffen werden können, ohne dass das Problem der *ecological fallacy* (das falsche Zuweisen von Attributen der Aggregatebene zu Teileinheiten) auftaucht. Die synthetischen Daten entsprechen bei ihrer Reaggregation allen in die Synthetisierung eingegebenen Aggregatdaten und Rahmenbedingungen, sind aber ansonsten zufällig über dem Raum verteilt (vgl. MOECKEL / SCHÜRMANN / WEGENER 2002, 7; BECKMAN / BAGGERLY / MCKAY 1996).

BENENSON / TORRENS (2004, 11) wenden zu Recht ein, dass in gängigen Simulationsmodellen wie bspw. *UrbanSim* (WADDELL 2002) zwar auf der Ebene der Attributdaten mit der Technik der Mikrosimulation gearbeitet wird, die geometrische Modellierung jedoch oft auf der Ebene der Rasterzelle bleibt. D.h. jeder Haushalt hat gewisse Eigenschaften (Alter des Haushaltsvorstandes, Zahl der Personen etc.), die Lage des Haushaltes wird aber nur durch die Rasterzellen erfasst und die Simulationsergebnisse werden als Summen auf der Ebene der Rasterzellen ausgegeben. Der Zuschnitt der Rasterzellen verursacht das oben bereits angesprochene *modifiable area unit problem*.

5.2.3 Cellular Automata (CA) und Multiagentensysteme (MAS)

Cellular Automata sind ein Werkzeug der Geomodellierung, welches mit regelmäßigen, räumlich fixierten Einheiten arbeitet. Diese nehmen im Zeitablauf bestimmte Zustände an, wobei die Entscheidung darüber vom Zustand der letzten Periode und vom Zustand des Nachbarn (Diffusionskomponente, vgl. BATTY / XIE / SUN 1999, 207) abhängt. Gängigste Form der CA-Modellierung sind Modelle mit Rasterzellen, welche einen Raum komplett und regelmäßig überdecken. Allerdings können auch die Kanten in einem (Straßen-)Netz oder Tesselierungen des Stadtraumes als Automata verstanden werden.

Ein bekanntes stadtplanerisches Beispiel zu den Cellular Automata ist die Arbeit von SCHELLING (1969) zur Segregation in Wohngebieten. Dabei entscheiden sich Bewohner der Bevölkerungsgruppe 1 immer dann zum Fortzug, wenn in ihrem unmittelbaren Umfeld das Verhältnis der Bevölkerungsgruppen sich so zu Ungunsten der eigenen Gruppe verändert, dass ein gewisser Schwellenwert erreicht wird. Der Schwellenwert ist dabei frei einstellbar, allerdings zeigt sich im Ergebnis, dass bereits bei einem niedrigen Schwellenwert räumliche Entmischungsprozesse stattfinden. Simulationsergebnisse zu einem ähnlichen Modell zeigt KOENIG (2007).

Multiagentensysteme arbeiten mit Agenten, welche sich frei durch den Raum bewegen. Gegenüber den zellulären Automaten zeichnen sie sich durch ein höheres Spektrum an verschiedenen Zuständen und Regeln aus. TROITZSCH (1999, 193) nennt Autonomie, Sozialfähigkeit, Reaktivität und Proaktivität (selbst die Initiative zu ergreifen) als Eigenschaften. Dabei lassen sich auch Ansätze der künstlichen Intelligenz oder lernender Systeme mit einbeziehen. Für die Verwendung der agentenbasierten Mikrosimulation in der Bevölkerungsprognose siehe RAUH / HESSE / SPICHALE (2004).

BENENSON / TORRENS (2004, 25 ff.) plädieren bei der räumlichen Anwendung von CA und MAS für eine Kombination beider Techniken. Dabei werden die zu modellierenden Objekte innerhalb einer Stadt aufgeteilt in fixierte (oder zumindest relativ langfristig fixierte Objekte) wie Gebäude und in mobile Objekte wie z.B. Verkehrsteilnehmer. In welche Gruppe dann mittelfristig fixierte Objekte wie z.B. Gebäudenutzer kommen, hängt von der Fragestellung des Modells ab – bei der Verkehrsmodellierung dürften sie fixiert sein, bei der Simulation des Wohnungsmarktes mobil.

5.3 Das Werkzeug der Geographischen Informationssysteme (GIS)

Durch ihre Eigenschaft der Verknüpfung von geometrischen und quantitativen (im GIS meist als attributiv bezeichneten) Daten decken gängige Geographische Informationssysteme[9] bereits einen Grundstock an integrierter Modellierung ab. Aus diesem Grund sollen sie hier der Vollständigkeit halber in Kürze vorgestellt werden, bevor auf weitere Methoden und aktuelle Entwicklungen eingegangen wird, welche für die Geomodellierung von Bedeutung sind, die aber (noch) nicht in GIS integriert sind. Die Funktion eines Lehrbuchs zum Thema GIS kann die vorliegende Arbeit aber nicht übernehmen. Hierzu sei auf entsprechende Monographien (z.B. BILL 1999) oder aktuell gehaltene Homepages (wie www.geoinformatik.uni-rostock.de) verwiesen. Im Vordergrund steht hier eher die Frage, welche Anforderungen der Geomodellierung in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft gängige GIS erfüllen und welche nicht.

5.3.1 Bestandteile eines GIS

Im Rahmen von Geographischen Informationssystemen (GIS) erfolgt die Sammlung, Verknüpfung, Analyse und Visualisierung von Daten mit räumlichem Bezug in digitalen Landkarten. Sie sind im öffentlichen Sektor v.a. in der Umweltplanung, im privaten Sektor v.a. im Direktmarketing verbreitet. Auch die Stadtplanung zählt – begünstigt durch ihren Zugang zu kommunalen Daten – inzwischen zu einem wichtigen Anwendungsbereich. Vergleichsweise wenig Verbreitung hat das Werkzeug GIS allerdings in diejenigen Wirtschaftsbranche gefunden, die unmittelbares Interesse an räumlichen Daten haben müsste: die Bau- und Immobilienwirtschaft. Grund für die bisherige Zurückhaltung sind nicht die fehlenden Anwendungsfelder oder die Restriktionen der Software, sondern die mangelnde Verfügbarkeit von Daten. Sie wird durch die eher niedrige Transparenz der Immobilienmärkte begünstigt und verursacht hohe Kosten für Erhebung und Fortschreibung von Daten bei allen Einzelakteuren. In beiden Disziplinen werden GIS jedoch hauptsächlich (noch) als Speichermedium für räumliche (Geometrie-)Daten und deren zugehörige Attribute benutzt.

„Ein Geoinformationssystem ist ein rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und den Anwendungen besteht. Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfasst und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden“ (BILL 1999, 4).

Hardware

Dabei kann die Hardware im Gegensatz zur Frühzeit der GIS als grundsätzlich vorhanden angesehen werden. Desktop-GIS laufen auf normalen PC's. Die noch anzusprechenden Client - Server - Lösungen benötigen eine Hardware-Infrastruktur wie Client - Server - Lösungen in anderen Bereichen auch.

Software

Die Software ist üblicherweise eine aus einer Reihe von Standard-Softwarelösungen. Gängige Programme – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – sind ArcView, Smallworld, PC Map, SICAD, Map Info.[10] Die Vielfalt an Programmen führte

---

[9] Die Begriffe Grafisches Informationssystem, Geoinformationssystem und die Abkürzung GIS werden im Folgenden synonym verwendet. Vgl. BILL (1999) und www.geoinformatik.uni-rostock.de/

[10] Für einen Marktüberblick bei kommerziellen Produkten siehe www.geoinformatik.uni-rostock.de/produkte.asp oder BUHMANN / WIESEL (2004).

zur Implementation von Standards (vor allem durch das *open geospatial consortium*), welche den Austausch von Daten zwischen den verschiedenen Softwarelösungen erlauben. Weitere Entwicklungen sind von Open-Source-Produkten zu erwarten. Aufgrund fehlender Bedienerfreundlichkeit sind diese in ihrer Verbreitung noch limitiert. Bekannte Systeme – auch hier wieder ohne den Anspruch der Vollständigkeit – sind GRASS GIS sowie Post GIS.[11] Im engeren Sinne wird der Begriff Geographisches Informationssystem oft auch nur für die Software verwandt.

Daten – das Wertschöpfungsparadoxon

Die Beschaffung und Integration der räumlichen Daten in die Software ist das komplexeste und kostenintensivste Problem. Hier tritt das so genannte Wertschöpfungsproblem auf: Die Erzeugung, Integration und Aktualisierung großer Mengen von Rohdaten erfordert großen Aufwand, das Ergebnis hat aber einen niedrigen Marktwert. Eine darüber hinaus gehende GIS-Analyse erbringt hohen Nutzen bei nur geringen Zusatzkosten. Dabei bestehen die gespeicherten Daten innerhalb des GIS aus einer geometrischen Komponente und den dem jeweiligen Objekt zugeordneten alphanumerischen Attributinformationen. Die Tatsache der Verknüpfung macht den entscheidenden Mehrwert eines Geographischen Informationssystems aus und ermöglicht eine Vielfalt von Anwendungen.

Anwendung

Die Anwendung steuert der Nutzer selbst bei. Dabei ist jedoch festzustellen, dass trotz der Vielfalt an technischen Lösungen und der Perspektiven für die Weiterentwicklung von GIS hauptsächlich der öffentliche Sektor als Anwender auftritt – auch hier ist eine Schwerpunktsetzung im Bereich der nicht-bebauten Umwelt festzustellen (d.h. Landschaftsplanung, Geologie, Hydrologie etc.). Im privatwirtschaftlichen Bereich wird GIS vor allem im Geomarketing eingesetzt. Trotz des unmittelbaren räumlichen Bezuges gehört die Immobilienwirtschaft nicht zu den Vorreiteranwendern von GIS – sie ist eher Nachzügler. In der klassischen Stadtplanung werden GIS sehr wohl eingesetzt, allerdings dienen sie in der Praxis oft nur als reines Speicherwerkzeug zur Archivierung und Abfrage von Daten, ohne die Analysekapazitäten der Software tatsächlich auszuschöpfen.

5.3.2 Aufgaben eines GIS

BILL (1999, 29 ff.) unterscheidet als wesentliche Module eines Geoinformationssystems die vier Aufgaben Datenerfassung, Datenverwaltung, Datenanalyse und Präsentation. Letzterer Begriff wird hier durch den Begriff Visualisierung ersetzt, der bzgl. digitaler Darstellungsformen stärker verbreitet ist.

Datenerfassung

Die Datenerfassung gehört zum Geographischen Informationssystem im weiteren Sinne, wie es oben definiert wurde, dazu. Für den normalen Nutzer in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft befindet sich die Phase der Datenerfassung jedoch meist außerhalb seines Arbeitsbereiches. Es sei denn, er gibt die Daten manuell ein (durch zeichnen, eintippen). Im Regelfall dürften die Daten aber aus Sekundärquellen bezogen werden und über Importfunktionen ins das GIS importiert werden. Dabei ist der korrekte Raumbezug zu beachten. Das derzeitige Forschungsinteresse der Geodäsie und der Geoinformatik gilt vor allem der Automatisierung der Datenerfassung (bspw. durch Photogrammetrie oder Laserscanning).

[11] Für einen Marktüberblick bei Open-Source-Produkten siehe www.opensourcegis.org.

Geographische Informationssysteme verfügen über Transformationsmodule, welche zwischen verschiedenen Projektionen konvertieren können oder Vektordaten rastern. Auch Generalisierungsmodule für verschiedene Anzeigen in verschiedenen Maßstabsebenen sind gängig.

Datenverwaltung

Die Funktionen der Speicherung, Modifizierung und Abfrage räumlicher Daten haben für die umfangreiche Verbreitung von GIS gesorgt. Dies gilt insbesondere für den kommunalen Bereich, in dem die meisten Geodaten vorliegen. Größtes Problem bei der Datenverwaltung ist die laufende Aktualisierung der Daten.

Datenanalyse

Gängige GIS-Pakete beinhalten eine Vielfalt von Analysenfunktionen, die schwer in einer abschließenden Liste aufzuzählen sind. Zwar kann man prinzipiell unterscheiden, ob sich die Analyse primär auf die geometrischen Daten oder auf die Attributdaten bezieht, oft spielen aber beide Komponenten mit hinein oder die Analyseschritte aus beiden Bereichen werden unmittelbar hintereinander durchgeführt.

Die klassische Funktion ist die kombinierte Datenbankabfrage über räumliche und / oder attributive Kriterien. Analog zu normalen Datenbanken können für die Attributdaten Aggregations-, Such-, Sortier- und statistische Analysefunktionen angewandt werden.

Eher dem Geometriedatenbereich zuzuordnen sind Abstandsmessungen (euklidisch, im Netzwerk, im Raster, Nachbarschaftsabfragen), die Überlagerung verschiedener geometrischer Objekte (Abfrage ob ein Punkt in einem Polygon liegt, Überschneidungen von Polygonen o.ä.), die Schaffung von Zonen gleicher Abstände um Objekte (Puffer), die Berechnung von Einzugsbereichen (Voronoi-Diagramme um Punkte) oder die Geostatistik.

Eine detailliertere Auflistung findet sich außer in den einschlägigen allgemeinen Lehrbüchern (z.B. BILL 1999b, 87 ff.) insbesondere in Handbüchern der einzelnen Softwarepakete (z.B. GI GEOINFORMATIK GMBH (HG.) für ArcView). Zur Illustration der Aneinanderreihung geometrischer und attributiver Methoden sei hier ein einfaches Beispiel genannt:

Die GIS-Software ist bspw. in der Lage, die Zahl der Einwohner innerhalb eines Fünf-Minuten-Fahrzeit-Radius um einen neuen Supermarkt zu bestimmen (Abgrenzung eines Gebietes mit Netzwerkanalyse, Zählen von Punkten innerhalb eines Polygons) und Informationen über diese Einwohner – z.B. Kaufkraft – zu berechnen (statistische Auswertung von Attributinformationen bezogen auf das räumliche Gebiet). Andersherum kann das System eine Selektion nach Attributkriterien (alle Supermärkte über xy m² Verkaufsfläche) durchführen und die selektierten Ergebnisse in einer Karte anzeigen (Ausgabe von Geometrieinformationen bezogen auf sachliche Eigenschaften).

Visualisierung

Die Ausgabe von Ergebnissen der Arbeit mit GIS kann digital oder in Papierform erfolgen. Die Wiedergabe von Daten in einem sichtbaren Medium oder Format wird auch als Visualisierung bezeichnet.

Neben den typischen Ergebnissen von Datenbankabfragen (Tabelle, Diagramme) ist die klassische Form der Visualisierung in der Stadtplanung und Geographie der Plan bzw. die Karte. Standard-GIS sind dabei der Papierform insofern voraus, da sie durch Ein- und Ausschalten von Ebenen eine interaktive Kartendarstellung er-

möglichen. Eine Visualisierung von numerischen Ergebnissen mit Raumbezug auf einer Karte verschafft einen schnellen Überblick über räumliche Muster. In der räumlichen Ökonometrie (*spatial econometrics*) spielt bspw. die Anzeige von Residuen zur Aufdeckung räumlicher Autokorrelation eine große Rolle. Dies kann durch GIS leicht visualisiert werden.

In Standard-Softwarelösungen sind meist verschiedenste Formen farblicher und ikonographischer Darstellungen möglich. Die dritte Dimension kann in fortgeschrittenen Programmen bspw. über die Extrusion von Attributen miteinbezogen werden (z.B. „Bodenpreisgebirge“, simple 3D-Stadtmodelle unter Nutzung der attributiven Stockwerkszahl als Höhe). Auf die Nutzung der zeitlichen Dimension als Modellierungsgegenstand und Darstellungsform (Animation) wird im folgenden Kapitel noch kurz eingegangen.

5.4 Aktuelle informationstechnische Entwicklungen

5.4.1 Web-GIS

Die seit einigen Jahren etablierte und somit klassische Verarbeitung von Geodaten erfolgt am einzelnen Desktop-PC. Die Übermittlung zwischen dem Halter des Datenbestandes und Nutzern muss deshalb per Kopie – meist unter vertraglicher Regelung entsprechender Nutzungsrechte – erfolgen. Im klassischen Desktop-GIS findet Interaktivität dadurch statt, dass die Informationen in verschiedenen Ebenen organisiert sind und der Benutzer sich diejenigen aussucht, die er sehen will (durch anklicken, eintippen).

Zu unterscheiden vom – natürlich auch verbreiteten – Bezug von Daten über das Internet ist die Einbindung und Anzeige von Daten über das Internet. Diese Entwicklung findet unter dem Schlagwort Web-GIS oder Web Mapping statt. Die Form des Datentransfers ermöglicht es, eingeschränkte Informationen und Funktionen einer deutlich größeren Zahl von Nutzern zur Verfügung zu stellen. Damit findet parallel ein Paradigmenwechsel statt „*von monolithischen propietären Systemarchitekturen hin zu verteilten, offenen GIS*.“ (STROBL in HERRMANN / ASCHE 2001, 18).

Dabei handelt es sich um eine Client-Server-Lösung, in der die Datenhaltung und die Verarbeitung von Abfragen beim Server liegen. Dies hat den entscheidenden Vorteil, dass die Datenhaltung und die aufwändige Aktualisierung jeweils immer nur beim Haupt-Datenhalter erfolgt. Zudem entfällt die Notwendigkeit einer Überwachung eines Weitergabeverbotes von Originaldaten. Der Nutzer bekommt nicht zwangsweise statische Karten im reinen View-Only-Modus. Auch im Web-GIS können Layer interaktiv ausgeblendet werden, zudem können animierte gif-Dateien dynamische Prozesse darstellen.

Die Server-Funktion können beispielsweise Fachbehörden wahrnehmen – oder in der Immobilienwirtschaft private Geodatenbroker. Inzwischen sind die großen kommerziellen GIS-Softwarepakete auch als Web-Server einsetzbar. Allerdings gibt es in diesem Bereich einen starken Trend zu Open-Source-Produkten wie dem UMN Map Server.

Der Nutzer (bspw. das Stadtplanungsamt, welches die aktuellen Wasserschutzgebiete vom Wasserwirtschaftsamt benötigt oder der Bürger, der den gültigen Bebauungsplan seines Grundstücks sehen will) lässt sich über Dienste die aktuellen Datenbestände aus dem Internet auf seinem Rechner anzeigen, ohne die Originaldaten auf seinem Rechner zu benötigen und für deren Aktualisierung verantwortlich zu sein. Strobl bezeichnet dies als „*Ersatz datenbestandszentrierter Verarbeitung*

und Visualisierung durch Geoinformations-Dienste-orientierte Interaktion“ (STROBL in HERRMANN / ASCHE 2001, 18).

Im Idealfall stehen die Basisfunktionen, die beim Client angesiedelt sind (Zoom, aber auch einfachere Operationen wie Puffer) in einem im Internet erreichbaren Portal (erstellt z.B. mit Mapbender) zur Verfügung, so dass der Nutzer nur noch einen gängigen Browser benötigt. Eine Lizenzierung bestimmter Dienste an Berechtigte (nur öffentliche Stellen oder nur zahlende Kunden) ist möglich. Von öffentlicher und privater Seite werden inzwischen zahlreiche Portale und Geodatensuchmaschinen zur Verfügung gestellt.[12]

In komplizierteren Architekturen kann ein Server gleichzeitig wieder Client sein und Daten anderer Server integrieren (bspw. wenn das oben genannte Stadtplanungsamt in der Bürgerbeteiligung den Plan in einem Web-GIS abrufbar hält und die extern liegenden Daten des oben genannten Wasserwirtschaftsamtes integriert). In diesem Fall bietet das Stadtplanungsamt das Portal an, in dem die eigenen Daten und die der externen Server eingebunden werden.

Für die Integration dieser verteilten Datenbestände in ein Web-GIS sind Austauschstandards nötig. Diese werden u.a. vom *Open Geospatial Consortium* (OGC) standardisiert. Eine wichtige Schnittstelle ist dabei der *Web Map Service* (WMS).

Eine aktuelle stadtplanerische Entwicklung besteht darin, in Aufstellung befindliche oder bereits beschlossene Bauleitpläne im Internet zugänglich zu machen. Teilweise integrieren die Städte die Bauleitpläne in eigene Web-GIS-Portale, teilweise sind sie über Landesportale erreichbar – grundsätzlich sind bei gleichen Schnittstellen und vorhandenem städtischen Portal aber auch Parallelstrukturen unproblematisch.

Speziell für die Bauleitplanung und die darin verwendeten Signaturen ist bspw. ein neuer Standard XPlanGML 1.2 erstellt worden (vgl. GDI-DE ARBEITSKREIS „XPLANUNG“ 2007), der eine vektorisierte Darstellung von Flächennutzungs- und Bebauungsplänen ermöglicht und somit in Zukunft das bislang teilweise angewandte und für alte Pläne auch weiterhin adäquate Vorgehen „Scannen, Georeferenzieren, Als Rasterdaten einbinden“ ablösen könnte.

Als Folge der zunehmenden Verbreitung von Internetportalen zum Abruf von Geodaten steigt der Verbreitungsgrad räumlicher Informationen erheblich. Diese beschränkt sich aber auf die überlagerte Anzeige von räumlichen Informationen aus verschiedenen Quellen. Bspw. kann der interessierte Betrachter sich für einen Wunschbereich – so vorhanden – die bauleitplanerische Ausweisung des Gebietes zusammen mit den Bodenrichtwerten ansehen.

Für die Modellierung besteht dabei i.d.R. noch das Problem, dass die Daten für die eigene Weiterverarbeitung nicht zur Verfügung stehen. Ist das Ziel des Nutzers nun aber eine Modellierung der statistischen Zusammenhänge zwischen Ausweisung und Baulandpreisen, so kann er mit dem Resultat seines Datenabrufs im Portal wenig anfangen. Die aktuellen Portale verfügen zwar teilweise über einige wenige Standardanalysefunktionen (Attributabfrage, Streckenmessung, Flächenmessung, evtl. Puffer). Kompliziertere Analysen sind jedoch (noch) nicht möglich. Es ist auch nicht zu erwarten, dass Web-GIS-Lösungen an die sich zunehmend ausweitenden

[12] Auf Landesebene bspw. www.geoportal.rlp.de. Gelungene Beispiele für die Abrufmöglichkeit verschiedenster kommunaler Geodaten bietet der GIS-Server der Stadt Aalen (www.gisserver.de/aalen), der Stadt Detmold (www.stadtdetmold.de) oder der Stadt Paderborn (www.paderborn.de). Für eine Geodatensuchmaschine siehe bspw. http://geoportal.bkg.bund.de und www.geocatalog.de.

Analysefunktionen ausgearbeiteter (kommerzieller oder freier) Softwarepakete heranreichen. Hier bleibt also nur der klassische Weg der Kontaktaufnahme mit den Datenprovidern, die Übermittlung der Daten und die eigene Analyseleistung.

5.4.2 *Location-Based Services*

Der Vollständigkeit halber sollen in diese Ausführungen auch die *location-based services* mit aufgenommen werden. Hierunter versteht man standortspezifische Informationsabfragen. Neben dem Internet und der Eingabe des eigenen oder eines anderen Standorts sind v.a. GPS-fähige Handgeräte die geeignete Abfrageinstanz, um sich unterwegs die nächste Apotheke, das nächste Hotel o.ä. anzeigen zu lassen (vgl. LI / MAGUIRE 2003). Die Entwicklung ist einerseits interessant, da sie aufgrund einer breiten Zielgruppe die Verknüpfung von 3D-Stadtmodellen mit Sachdaten befördern könnte – bzw. bei entsprechender Zahlungsbereitschaft der Kunden auch die Verfügbarkeit besserer Eingangsdaten unterstützen könnte. Andererseits dürften *location-based services* die zunehmende Verbreitung nutzergenerierter Geodaten befördern, die im Folgenden diskutiert werden.

5.4.3 Nutzergenerierte Geodaten

Neben der eben angesprochenen zunehmenden Veröffentlichung existierender (Fach-) Geodaten bekannter und seriöser Quellen wird durch das Internet ein weiterer Prozess begünstigt: In vielen interaktiven Portalen und Communities haben Nutzer Möglichkeiten, ohne umfangreiche Vorkenntnisse eigene (oder fremde) Inhalte ins Internet zu stellen. Dies betrifft weite Bereiche von Lexika (Wikipedia) über die Presse (der Leser-Reporter als Bildquelle) bis zur Musik. Die Folge davon ist, dass die Menge der verfügbaren Informationen immer größer wird, die Frage nach der Qualität damit aber nicht zwangsweise beantwortet wird. Gerade Wikipedia ist diesbezüglich immer wieder in der Diskussion (vgl. GILES 2005 und O.V. IN NATURE 2005).

Der Bereich der Geometriedaten ist von dieser Entwicklung ebenfalls betroffen. So haben die Nutzer von *Google Earth* die Möglichkeit, in *Google Sketchup* ihre selbst bewohnten oder beliebige andere Gebäude in 3D zu zeichnen und diese dann in das dafür auf der Seite vorgesehene *3D-warehouse* zu stellen, wo es für alle Internetnutzer gesucht und angezeigt werden kann. Gute und flächenmäßig große Bereiche abdeckende 3D-Modelle werden von *Google* in die Standardanzeige übernommen. Hier ist somit ein Qualitätsfilter eingebaut. Es ist zu erwarten, dass die Menge der hier verfügbaren Daten massiv ansteigt. Für viele planerische und immobilienwirtschaftliche Nutzungen sind die Daten jedoch von mäßigem Wert, da außerhalb öffentlicher Kooperationsprojekte mit *Google* (z.B. Hamburg) keine auch nur annähernd lückenlose Abdeckung des bebauten Siedlungsraumes vorliegt, die Detailgenauigkeit der Gebäudemodelle sehr schwankt und zudem die Richtigkeit von Lage und Aussehen der Gebäude zumindest bei Daten aus dem *warehouse* nicht unbedingt gegeben ist.

Ein anderes Beispiel mag die Problematik zusätzlich verdeutlichen: Seiten wie www.gps-tour.info offerieren nutzergenerierte Wander-, Radtouren- oder Joggingstreckenvorschläge. Damit wurden in vielen Fällen zum ersten Mal überhaupt Waldwege vektorisiert (sie sind in den Daten der großen Routenplanungsanbieter sehr unvollständig vorhanden). Ein vollständiger Vektordatenbestand über das deutsche Waldwegenetz ist damit aber nach wie vor in weiter Ferne.

Im Bereich der Attributdaten dürfte sich die Entwicklung der Nutzerkommentare auswirken. So wie in *Ebay* der jeweilige Geschäftspartner nach Abschluss der

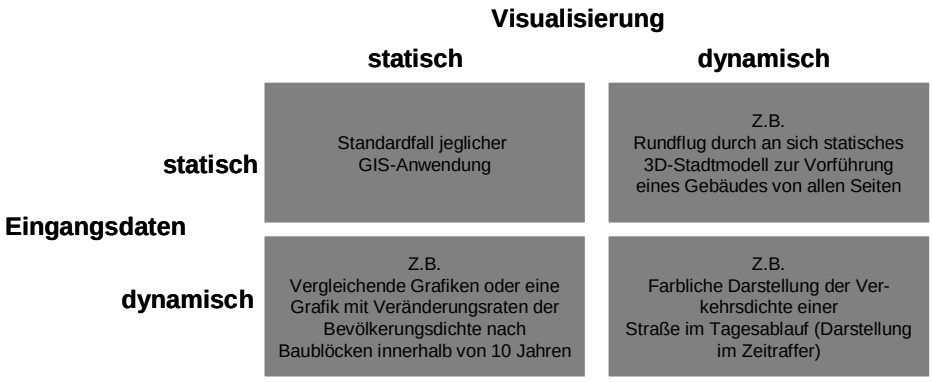
Transaktion bewertet werden kann, ist dies inzwischen auch bei verschiedenen Formen räumlicher lokalisierter Anbieter (z.B. Hotels unter www.holidaycheck.de) möglich. Die Frage ist dabei, ob diese Entwicklung nicht nur zur Bewertung vorgegebener Einrichtungen führt, sondern in Koppelung mit *location-based services* zur Existenz eines nutzergenerierten Firmendatenbestandes, welcher bestehende Adressdaten aus einer Hand (Gelbe Seiten, kommerzielle Firmendatenbroker) an Aktualität übertrifft. Dies wäre eine alternative Datenquelle für die Analyse von Standortwahl und Umzugshäufigkeiten (siehe dazu detaillierter die Ausführungen zur Mikrosimulation in Kapitel 9.2 und 15.4). Die in den vorherigen Absätzen angebrachte Skepsis bzgl. der Qualität nutzergenerierter Geodaten ist sicherlich auch hier angebracht.

5.4.4 Dynamisches GIS

Ursprünglich wurden Geographische Informationssysteme als Datenbanken für die Speicherung und Abfrage statischer räumlicher Daten konzipiert. Als solche werden sie in der Praxis oft nahezu ausschließlich verwendet. Der nächste Schritt nach WU (1999, 200) ist die Bearbeitung dynamischer räumlicher Fragestellungen in GIS.

Angesichts der Tatsache, dass GIS als Softwarelösungen sowohl die Speicherung und Analyse als auch die Visualisierung von Daten in wesentlichen Grundfunktionen abdeckt (vgl. Kapitel 5.3), muss bei der Diskussion des Begriffes dynamisches GIS allerdings unterschieden werden, was dynamisiert wird. Dies können einerseits Eingangsdaten sein, die dynamische Prozesse beschreiben, oder die Visualisierung erfolgt durch eine dynamische Animation (oder beides). Im kombinierten Fall wird eine reale Entwicklung animiert bspw. im Zeitraffer dargestellt. Abb. 5-1 zeigt Beispiele für die möglichen Kombinationen der Dynamisierung.

Abb. 5-1: Mögliche Dynamisierungsfälle von GIS



Eine Mittelstellung zwischen statischer und dynamischer Eingangsdatenspeicherung nimmt die Speicherung von Daten in diskreten Zeitintervallen ein. Eine ausreichende Zahl an derartigen Iterationen vorausgesetzt, kann damit auch eine dynamische Visualisierung erfolgen. Im dynamischen Fall der Eingangsdatenspeicherung müssen Veränderungen durch stetige Stromgrößen beschrieben werden. Gerade dies wird in der Stadtmodellierung jedoch vergleichsweise selten angewandt. Die gängigen Stadtsimulationen (UrbanSim etc.) arbeiten meist mit diskreten Iterationsschritten, welche im Bereich Landnutzung z.B. ein Jahr, im Bereich Verkehr z.B. eine Stunde betragen können.

Bei der zeitlichen Veränderung der Eingangsdaten sind – unabhängig von diskreten oder stetigen Zeitschritten – grundsätzlich folgende Optionen zu unterscheiden:

- Die geometrischen Objekte ändern ihre attributiven Eigenschaften im Laufe der Zeit (Bsp.: Die Verkehrsdichte im Straßennetz im Tagesverlauf).

- Die geometrischen Objekte selbst verändern sich, wobei sie entweder ihre Form (Bsp.: Straßenumbau) oder ihre Position (Bsp.: ein Auto in einer Verkehrssimulation) ändern.

- Es können neue Objekte hinzukommen oder existierende gelöscht werden (Bsp.: Neubau von Straßen)

Die drei Veränderungsmöglichkeiten können beliebig miteinander kombiniert werden. Geometrische und attributive Veränderungen ergeben sich bspw. bei Gebäuden (zusätzlicher Anbau, neuer Eintrag im Feld „letzter Umbau"). Lässt man im Modell Neubau und Abriss zu, so kann sich in diesem Beispiel auch die Zahl der Objekte verändern.

Die Dynamisierung von Modellinhalten dürfte in der Tat eines der wichtigsten aktuellen Forschungsfelder sowohl in der geometrischen als auch in der quantitativen Stadtmodellierung sein. Standard ist dabei jedoch das Vorgehen in diskreten Iterationen. Gängige Geographische Informationssysteme unterstützen dies zum Teil, indem sie die Generierung von Animationen erlauben. ArcView bspw. benötigt hierfür Objekte und Attributdaten mit einem zusätzlichen Zeitfeld. Die Zusammenstellung und Umformung der Daten in die animierbare Tabellenform wird durch spezielle Werkzeuge unterstützt. Außerhalb dieser auch für „normale" Stadtplaner und Immobilienökonomen zügig erlernbaren Werkzeuge muss völlig neu programmiert werden. Gerade im Bereich der Stromgrößenvisualisierung (Verkehrsströme, Umzugsgeschehen o.ä.) besteht weiterer Forschungsbedarf an Arbeiten, welche quantitative Modellierung, neue Erkenntnisse im Bereich der Darstellungstechniken und Praxistauglichkeit kombinieren.

5.4.5 Neue Formen der Interaktion

Auch wenn fotorealistische Renderings von 3D-Stadtmodellen im höchstmöglichen *level of detail* momentan aufgrund der hohen Datenmengen in ihrer Einsatzvielfalt beschränkt sind, so ist dennoch zu berücksichtigen, dass die Entwicklung der Interaktion zwischen geometrischem Modell, evtl. vorhandenen Attributinformationen und Benutzer ein aktuelles Forschungsfeld mit zahlreichen Neuerungen insbesondere auch im Bereich der Hardware ist.

Die Entwicklung geht dabei in Richtung einer Vermischung von Realität und virtueller Realität / Virtualität in Form von gleichzeitiger visueller Wahrnehmung realer und virtueller Inhalte durch den Betrachter (*mixed reality*). Je nach Dominanz des Hauptwahrnehmungsbereiches wird von *augmented reality* (die reale Wahrnehmung wird mit digitalen Einzelobjekten überblendet) oder *augmented virtuality* gesprochen (die digitale Darstellung wird mit Informationen aus der realen Welt angereichert). Die parallele Darstellung realer und virtueller Inhalte erfolgt bspw. über *head mounted displays*, *powerwalls*, *caves, workbenches* oder volumetrische Displays (vgl. WIETZEL 2007, 161 ff.). Die Übertragung eigener Bewegungen in die virtuelle Welt kann dabei bspw. über Datenhandschuhe erfolgen.

Die weitgehende Verschmelzung realer und virtueller Inhalte bis zur Ununterscheidbarkeit wird als *immersives Szenario* bezeichnet. WIETZEL (2007, 223) nennt neben der Verknüpfung realer und virtueller Inhalte die Faktoren Interaktivität (aktive Benutzer statt passive Betrachter), Echtzeitcharakter, Dreidimensionalität, Ansprache weiterer Sinnesorgane (Hören, Tasten, Riechen) sowie Intuitivität in der Bedienung als Charakteristika eines immersiven Szenarios.

Die genannten Formen der Interaktion werden – wenn auch zunächst kleinräumig – Bestandteil der 3D-Modellierung künftiger Stadtsituationen werden. Aufgrund des Aufwandes, aber auch aufgrund der Notwendigkeit detailreicher Darstellungen sind

die Einsatzbereiche wohl auf die entsprechenden Maßstabsebenen von Gebäude bis Baublock beschränkt. Hier können sie jedoch für ein Bild zukünftiger Situationen sorgen, welches für die städtebauliche Projektentwicklung sowohl unter planerischen (Bebauungsvisualisierung, Lärmsimulation) wie immobilienwirtschaftlichen (Marketing) Aspekten interessant ist.

6 Diskussion

Aufbauend auf den in den vergangenen Kapiteln geschaffenen Grundlagen zu geometrischen und quantitativen Modellen, den jeweils im Text angeführten Anwendungsbeispielen sowie der Darstellung aktueller Entwicklungen soll im Folgenden eine Bewertung des Themas Geomodellierung in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft durchgeführt werden. Dies erfolgt anhand von fünf Leitfragen, welche jeweils die Kapitelüberschriften bilden.

6.1 Braucht Planung quantitative Methoden?

Dass Geometriedaten zur digitalen Darstellung der aktuellen Situation oder dessen, was geplant oder gebaut wird, notwendig sind, dürfte unstrittig sein. Hier steht die digitale (geometrische) Modellierung in der Tradition des Zeichnens, Darstellens und Gestaltens im städtebaulichen und architektonischen Entwurf, der unabhängig von allen Veränderungen der Disziplinen eine zentrale Ausdrucksform für Planung, Architektur und in Folge auch für die Immobilienwirtschaft ist.

Differenzierter ist die Situation jedoch im Bereich der quantitativen Modelle zu betrachten – sowie in denjenigen Fällen, in denen geometrische Analyse als Input für quantitative Modelle dient (vgl. Kapitel 3.2.1 und Kapitel 5.1.2). Gerade in der Planung hat sich parallel zur Kritik an den frühen *large scale urban models* in den Sechziger Jahren ein profunder Skeptizismus gegenüber quantitativer Analyse und Prognose herausgebildet.

Er kommt beispielhaft zum Ausdruck in STIENS (1998, 128 ff.), der das Szenario-Paradigma auch in Zukunft der deskriptiven und quantitativen Zukunftsforschung überlegen sieht. Er verweist auf die von LEE (1973) bekannten Argumente der Aufwändigkeit und Unflexibilität von Gesamtmodellen, welche angesichts der zunehmenden Umbruchrisiken die Erarbeitung von Szenarien zur Exploration von mehr als einer möglichen Zukunft für geeigneter erscheinen lassen.

In der Praxis sieht sich die Stadtplanung (und auch die immobilienwirtschaftliche Projektentwicklung) stark als konzeptionelle und gestaltende Disziplin. Hier werden Analyse und Prognose schnell als vorgelagerte Schritte empfunden, welche für die eigentliche Umsetzung von Projekten im besten Fall als kurze Begründung dienen können, im schlechteren Fall als Hemmnisse für schnelles Handeln. Umso mehr gilt dies bei Problemen, die grundsätzlich bekannt und gleichzeitig schwierig zu quantifizieren sind (z.B. die Auswirkungen des demographischen Wandels).

Die Schlussfolgerung, deshalb quantitative Methoden völlig abzulehnen, kann daraus allerdings nicht gezogen werden. Zweifelhaft ist dabei v.a. das von STIENS (1998, 128 ff.) aufgestellte Gegensatzpaar zwischen Szenario-Paradigma und quantitativer Zukunftsforschung. Gerade Simulationen sind in der Lage, mit verschiedenen Eingangswerten verschiedene quantitative Szenarien zu erkunden. Die richtige Verwendung quantitativer Methoden schließt zudem keinesfalls aus, dass die Ergebnisse kritisch zu diskutieren sind. Dies gilt insbesondere in der Arbeit mit Politik und Öffentlichkeit, wo quantitative Aussagen meist als starke Argumente wahrgenommen werden, aber auch die Gefahr der Manipulation besteht.

Auf der anderen Seite bleiben klassische Kritikpunkte am quantitativen Arbeiten in der Planung natürlich bestehen: Das Dilemma zwischen *hypercomprehensiveness* (Detailverliebtheit und übermäßige Komplexität) und *grossness (*Ungenauigkeit, insbesondere zu starke räumliche Aggregation; vgl. LEE 1973) vermag auch technischer Fortschritt nur in gewissem Maße zu lösen. Hierauf wird jedoch im Punkt „*wie*

umfassend kann und soll man Stadt modellieren" (vgl. Kapitel 6.2) noch eingegangen.

Nach wie vor als herausfordernd gelten können die statistischen und logischen Probleme. So bleibt die Anforderung, dass Annahmen der Modelle nicht hinterher Erklärungsansätze sein dürfen, natürlich nach wie vor bestehen. Die Gültigkeit von in der Vergangenheit kalibrierten Modellen mag zwar deutlich besser sein als eine reine Trendprognose, trotzdem ist es natürlich nach wie vor nicht auszuschließen, dass unvorhergesehene Ereignisse oder neue Entwicklungen auch die gesamte Modellbasis zunichte machen (vgl. WINKELMANN in ARL 1998, 63). In besonderem Maße gilt dies natürlich bei extremen Ereignissen, z.B. der Wiedervereinigung in ihrer Wirkung auf Berlin oder der Attentate des 11.09.2001 auf den Immobilienmarkt in New York. Hier vermag die Szenariotechnik mit so genannten *wild cards* Alternativen durchzuspielen, die quantitative Methoden nicht in der Lage sind zu analysieren.

Vor dem Hintergrund der angesprochenen methodischen Probleme haben sich allerdings in den letzten 30 Jahren Veränderungen ergeben, welche eine totale Ablehnung quantitativer Arbeit in der Stadtplanung zusätzlich infrage stellen:

Wichtiger Impuls hierbei ist die Digitalisierung von Geodaten und die Verbreitung von Geographischen Informationssystemen (GIS) ab Mitte der 90er Jahre. Hiermit wurde den Einzelanwendern ein (im Vergleich zu den vorherigen Modellen) einfach zu bedienendes Analysewerkzeug an die Hand gegeben, bei dem sich zunehmend auch die Datenaustauschformate harmonisieren. Auch wenn GIS allein noch nicht zwangsweise eine verknüpfte geometrisch-quantitative Modellierung darstellt, so hat es doch durch seine starke Verbreitung die Bedeutung quantitativer räumlicher Analyse gesteigert (vgl. hierzu noch Kapitel 6.3).

Ein anderer Aspekt ist die zunehmende Verknüpfung von Stadtplanung und Immobilienwirtschaft in der Form, dass Planung heute keine reine Angebotsplanung mehr sein kann, welche die Flächennutzung im Sinne des Allgemeinwohls einschränkt und den Rest privaten Akteuren überlässt. Bedingt durch den sinkenden Bedarf an Neubauten und damit verbundene Rentabilitätsprobleme, welche teils zyklisch, teils strukturell in bestimmten Marktsegmenten auftauchen, müssen private Projektentwickler und ihre Geldgeber sich stärker dem Bedarf anpassen. Dieser muss aber erstmal bekannt sein. Gleiches gilt für die unter finanziellen Engpässen leidende öffentliche Hand, wenn sie nicht die Gestaltung der Stadtentwicklung völlig den oft sprunghaften Investitionsentscheidungen der Privaten überlassen will. Das impliziert eine stärkere Verwendung ökonomischer Analyse sowohl in der Planung als auch in der Projektentwicklung. Bei letzterer kommt der Druck überdies von Banken und Investoren. Hier ist die immobilienwirtschaftliche Forschung stark von Finanzmarktanalyse, Investitionsrechnung und Risikoanalyse geprägt. Deren quantitative Tradition überträgt sich also auf den Immobilienmarkt. Analytische Resultate aus dieser Richtung sollte die Planung auf keinen Fall ignorieren – im Gegenteil. Oft müssen die Methoden aber auf ihre Raumrelevanz bzw. Möglichkeit zur „Verräumlichung" untersucht werden. In einigen Fällen ergibt sich sicherlich auch die Möglichkeit zur öffentlich-privaten Kooperation. Die im Teil C angesprochenen Büromarktanalysen werden bspw. teils von öffentlichen, teils von privaten und teils von beiden in Auftrag gegeben.

6.2 Wie umfassend kann und soll man Stadt modellieren?

Die Idee der *Large Scale Urban Models* der Sechziger und Siebziger Jahre war es, das ganze System Stadt in einem Modell abzubilden und für verschiedenste Anwendungen nutzbar zu machen. Das Vorhaben scheiterte daran, dass die verschiedenen Anwendungen zwar eine gewisse gemeinsame Datenbasis benötigten, letztendlich aber doch sehr spezifische Anforderungen an Modellierung besaßen. Die Anbindung an diese schwerfälligen und undurchsichtigen Modellierungsumgebungen war deshalb unattraktiv. Ihre Anwendung bezog sich deshalb schnell auf den relativ kleinen Bereich der kleinräumigen Simulation von Bevölkerungsentwicklung, Flächennutzung und Verkehr.

Umso mehr erstaunt, dass inzwischen mit UrbanSim in den USA wieder eine gewisse Begeisterung für die gesamtstädtische Disziplinen übergreifende Modellierung besteht. Das Modell baut darauf, dass die eben genannten zentralen Aspekte Flächennutzung und Bevölkerung für viele weitere Anwendungen (Verkehrsmodellierung, Umwelt, Immobilienmärkte) benötigt werden. Daraus abgeleitete Anwendungen können über Schnittstellen an das Hauptmodell angedockt werden, welches mit gängigen Open-Source-Datenbank- und GIS-Modulen für die Fachöffentlichkeit einsehbar ist. Trotz der Tatsache, dass die GIS-unterstützte räumlich tief disaggregierte quantitative Modellierung in der Wissenschaft wieder präsenter ist als vor einigen Jahren, ist zu erwarten, dass UrbanSim u.a. für viele Anwendungen zu aufwändig, undurchsichtig, detailliert (und teuer) ist – und für andere wiederum zu ungenau.

Viele Fragestellungen werden deshalb auch künftig mit eigenen dezentralen Modellen beantwortet werden. Bei vielen Fragestellungen kann jeder Anwender die notwendige Analyse selbst im GIS durchführen. Die Verbreitung von Web-GIS und Geodatensuchmaschinen begünstigt dabei die Zugänglichkeit von Geodaten. Entscheidend für die Einbindbarkeit der Geodaten in die eigene Analyse sind Schnittstellen und importierbare Formate. Beides hat sich inzwischen deutlich verbessert. Von aufwändigen Gesamtmodellen und Stadtsimulationen kann man deshalb methodisch lernen, für eigene räumliche Fragestellungen sollte jedoch in jedem Fall das konkret sinnvolle Instrumentarium an Software und Modellierungstechniken geprüft werden. Das eigene Anwendungsbeispiel in Teil D arbeitet bspw. in ArcView – unter Anwendung derjenigen Modellierungsschritte aus UrbanSim, die im konkreten Fall der Büromarktanalyse sinnvoll sind.

Insofern plädiert der Autor für die Akzeptanz der Tatsache, dass sowohl Geodaten als auch Modellierungstechniken eine zunehmend dezentral organisierte Angelegenheit sind. Die Beauftragung eines Spezialistenteams für die Modellierung von „allem rund um das Thema Stadt“ wird den Anforderungen urbaner Probleme meist nicht gerecht. Es ist Aufgabe von Wissenschaftlern und Praktikern, damit umzugehen. Risiken bestehen sowohl bei der Anbindung neuer Fragestellungen an existierende Programme, Modelle und Systeme durch die fehlende Problemadäquanz dieser Lösungen, aber auch bei der Neugenerierung von Modellen, wobei potenzielle Doppelarbeit entsteht.

Die Frage, wann neu modelliert wird und wann auf bestehenden Werkzeugen aufgebaut wird, muss aber konkret beantwortet werden. Hier besteht umfangreicher Forschungsbedarf, um diese Frage für verschiedene Modellbereiche sinnvoll beantworten zu können. Selbst wenn der Planer oder Immobilienökonom die konkrete Informationstechnik nicht beherrscht, so ist dennoch wünschenswert, dass er über einen Überblick über das methodisch Machbare verfügt. Die Dezentralisierung darf

nicht dazu führen, dass aufgrund fehlender Ausbildung auf Fortschritte im Bereich der räumlichen Analyse verzichtet wird.

Dass diese Abstimmung zwischen Methoden und Anwendungen nicht ganz einfach ist, zeigt die aktuelle Entwicklung im Bereich der 3D-Modelle. Es ist wichtig, dass tatsächlich ein Problem mit einer Methode gelöst wird und nicht eine Methode sich Probleme sucht. Sicherlich ist es aus Perspektive der Modellbauer und der Frage nach der Finanzierung verständlich, dass angesichts der aufwändigen Generierung der 3D-Modelle angestrebt wird, die Modelle multifunktional einzusetzen. Allerdings sind die Anforderungen an 3D-Modelle tatsächlich sehr unterschiedlich.

Dies macht sich zunächst zeitlich bemerkbar. So kann es durchaus sein, dass die genannten Beispielnutzer Mobilfunkanbieter, Schallstudien und Immobilienvermarkter schnell mit unterschiedlichen Modellen arbeiten wollen, in denen Detaillierungsgrad und Größe des modellierten Gebietes unterschiedlich sind. Der zweite Aspekt ist der Preis der 3D-Daten. Nur wenn diese in mehreren verschiedenen teuren Qualitätsstufen vorliegen, dürfte bei Nutzern, die große Bereiche in geringerer Qualität benötigen (Mobilfunkanbieter, Sichtbarkeitsanalysen), eine Nachfrage bestehen. Modularität, Schnittstellen und einfacher Zugang sind dabei zunächst sicher wichtiger als komplette Modelle.

6.3 Welchen Stellenwert nimmt GIS in der Stadtmodellierung ein?

Seit der wissenschaftlichen Diskussion in den 90er Jahren (vgl. Kapitel 4.3.4) dürfte geklärt sein, dass Modelle als Problem lösende Methode durch GIS als Hilfsmittel unterstützt werden können. GIS verfügen aber über deutlich mehr Fähigkeiten als nur ein einfaches Archivierungswerkzeug für räumliche Daten zu sein. Die Themen Datenerfassung und Datenverwaltung sind für die Diskussion von Modellierung hier aber nicht von Interesse, der Fokus liegt auf Analyse, Prognose und Visualisierung.

Die Bedeutung von GIS wird durch die hohe Verbreitung und Akzeptanz untermauert. Zudem ist es vergleichsweise leicht zu erlernen – insbesondere sind für viele Analyse- und Visualisierungsschritte keine in Planer- und Ökonomenkreisen wenig verbreiteten Programmierkenntnisse erforderlich. Die Frage ist also, inwieweit die hier vorgestellten Modellierungsansätze durch GIS ermöglicht werden und wo Defizite bestehen, welche die Arbeit in anderen Programmumgebungen oder die Programmneuerstellung erfordern.

Die zentrale Leistung von GIS besteht darin, dass geometrische und quantitative Daten gemeinsam bearbeitet werden können. Bei zahlreichen Anwendungen fällt es schwer zu entscheiden, ob die Analyseschritte nun primär geometrisch oder attributiv sind. Jedenfalls sind in gängigen Desktop-GIS-Paketen viele Analyseschritte implementiert und relativ bedienerfreundlich anwendbar. Darüber hinaus sind grundlegende Visualisierungsmöglichkeiten gegeben, die ein großes Spektrum an darstellerischen Möglichkeiten in Karten und Plänen abdecken.

Allerdings bestehen bei der Anwendung von GIS über den Ursprungszweck „Datenverwaltung“ hinaus noch gewisse Defizite:

Erstens führt die Anwendung von Geographischen Informationssystemen als Werkzeug für die Messung geometrischer Inputgrößen für die ökonometrische Modellierung in der Praxis zu einer Aneinanderreihung verschiedener Softwarelösungen mit ständigen Import- und Exportprozeduren. Bspw. liegen attributive Eingangsdaten in einer Datenbank vor, Geometriedaten in einem CAD- oder GIS-Format. Im GIS werden sie zusammengefügt, dann wieder exportiert und in einer Statistik-Software analysiert. Bei der Anwendung des Modells zu Prognosezwe-

cken wird u.U. eine Tabellenkalkulation oder ein Datenbankprogramm zu Hilfe genommen. Die daraus errechneten Ergebnisse werden schließlich wieder im GIS visualisiert. Die fortgeschrittene Lösung wäre natürlich, die gesamte geometrische und attributive Modellierung in eine (GIS-) Softwarelösung zu integrieren. Angesichts der Vielfalt statistischer Methoden und der Weiterentwicklungen in diesem Bereich erscheint dies aber relativ illusorisch.

Zweitens ist der ganze 3D-Bereich bislang noch unzureichend mit GIS verknüpft. Zwar existieren grundlegende 3D-Analysefunktionen, allerdings läuft die komplette Entwicklung der 3D-Stadtmodelle (noch) nahezu separat. Dabei sind v.a. die großen Datenmengen ein Problem. Aber auch einfache Klötzchenmodelle in LOD 1 sind vergleichsweise selten in GIS integriert. Es ist eher zu erwarten, dass 3D-Modelle in enger Beziehung zu CAD und Internet-Visualisierung bleiben und in diese Lösungen einzelne GIS-Funktionalitäten eingebaut werden (vgl. HUDSON-SMITH / EVANS 2003, 41).

Drittens ist GIS mit seinem multifunktionalen Ansatz (und seiner Entstehungsgeschichte im Bereich der physischen Geographie) nicht flexibel genug, auf sehr spezifische Erfordernisse von Fachanwendungen einzugehen. Parallel sind deshalb bspw. Softwarepakete für Schallschutz (z.B. Soundplan), Energieoptimierung im Städtebau (z. B. GOSOL) oder Verkehrsmodellierung (z.B. VISUM) entstanden, welche zu GIS wenig Austausch und Verknüpfungsmöglichkeit hatten und sich inzwischen eingebürgert haben. Mangelnde Flexibilität proprietärer GIS-Programme und inzwischen vorhandene Spezialsoftware werden deshalb in der Literatur immer wieder als Argument für die völlig eigenständige Programmentwicklung angeführt (im Bereich Ausbreitung von Waldbränden siehe VASCONCELOS ET AL. (2002, 71), in der Siedlungsmodellierung BATTY / XIE / SUN 1999).

Viertens eignen sich die aktuellen GIS-Pakete nur bedingt für die dynamische Modellierung. Bestandsgrößen der Modelle sind geeignet für eine Verknüpfung mit geometrischen Objekten. Schwieriger wird diese Verknüpfung bei Stromgrößen (vgl. BENENSON / TORRENS 2004, 31 f.). Der Standard sind deshalb Berechnungen von Iterationen, die anschließend in diskreten Zeitintervallen animiert dargestellt werden können. Kompliziertere mathematische Beschreibungen von Veränderung sowie dynamisch-stochastische Modelle sind schwierig darstellbar – zumindest ohne die unter Stadtplanern und Stadtökonomen wenig verbreiteten Programmierkenntnisse.

Entscheidet man sich jedoch dazu, dynamische Lösungen innerhalb dieser GIS-Umgebungen zu programmieren, so besteht die Option der Verwendung proprietärer Lösungen, in denen die zahlreichen vorhandenen Analysefunktionen übernommen werden können. Problem ist hier aber oft die zusätzliche Hineinprogrammierung eigener Makros oder Programmabläufe, die durch Schnittstellenprobleme oder die Verwendung von in wissenschaftlichen Kreisen unüblichen Programmiersprachen (bspw. ArcView und seine VBA-Oberfläche) erschwert werden („*these having to be added through fairly tortuous yet ingenious system macros*“, HARRIS / BATTY 1993, 189). Freie Software erfordert hingegen die umfangreiche Nachprogrammierung von Routinen, die anderswo auf Knopfdruck zu haben sind.

Eine Herausforderung für GIS-gestützte Modellierung bleibt wohl noch der von BATTY (1992, 674) genannte Wunsch, analog zum geometrischen Zoomen in GIS eine Art attributiven Aggregations- und Disaggregationsmechanismus einzubauen. Dies ist methodisch nicht ganz einfach. Für den Laien bleibt hier nur, das Modell auf verschiedenen Ebenen zu rechnen und verschiedenen Maßstabsbereichen verschiedene Ergebnislayer zuzuweisen.

6.4 Datenverfügbarkeit, Kosten und Datenschutz

Die Frage, welche Daten wo vorliegen, wird zunehmend über Geodatenportale und Suchmaschinen gelöst werden. Die Frage ist jedoch, wie Anreize für die Geodatenhalter geschaffen werden können, das Vorhandensein entsprechender Geodaten auch in die Suchmaschinen einzustellen. Die zunehmende Verfügbarkeit von Geodaten in Web-GIS-fähigen Portalen ist jedoch aus Sicht der Modellierer ambivalent zu betrachten:

- Einerseits ist schnell klar, wer über welche Daten verfügt, und die überlagerte Anzeige von Daten mehrerer Quellen ist problemlos möglich.
- Andererseits dürfte die Betonung kostenlos zugänglicher Geodatenportale sowie die Existenz von kostenloser Software mit geringerem Funktionsumfang (z.B. *Google Earth*) die Zahl der Nutzer von Desktop-GIS-Systemen reduzieren und deren Ausstattung mit ausgefeilten und gleichzeitig bedienerfreundlichen Analysewerkzeugen nicht unbedingt befördern. GIS war bislang ein Expertenmarkt, der nun von einer Disruption des Marktes (SOUTSCHEK 2006) heimgesucht wird. Für Fachanwender ohne Programmierkenntnisse wäre eine Entwicklung, die nur noch zwischen Massennutzern und Programmentwicklern unterscheidet, wenig wünschenswert. Dies hängt aber in hohem Maße von der weiteren Entwicklung der proprietären Software sowie der Bedienerfreundlichkeit der Open-Source-Lösungen ab.

Letzterer Aspekt dürfte auch unter dem Kosten- und Qualitätsaspekt relevant sein. Die zunehmende Verfügbarkeit von Geodaten aus verschiedensten Quellen dürfte viele Nutzer dazu verleiten, auf billigere und weniger genaue / aktuelle Daten „überzuwechseln“. Bestärkt wird die Entwicklung sicherlich auch durch zunehmende verwaltungsinterne Verrechnungsmodalitäten. *Google Earth* sorgt jedenfalls für eine gewisse Umstrukturierung. Die Entwicklung im Bereich der nutzergenerierten Geodaten (vgl. Kapitel 5.4.3) bleibt zusätzlich abzuwarten. Für Fachanwender aus Planung und Immobilienwirtschaft sind Kostensenkungen sicher wünschenswert, solange ein bezahlbares Angebot hochwertiger Qualität nach wie vor vorhanden ist.

Für die öffentliche Hand stellt sich zudem die Frage, inwieweit die Herausgabe von Geodaten im Sinne des Standortmarketings auch an private Akteure wie Projektentwickler und Makler sinnvoll ist (vgl. NADLER / V. MALOTTKI 2006). Für die Akquise von Investoren und Immobiliennutzern für die Region spielen Kartendarstellungen – in Zukunft wohl auch 3D-Modelle – meist eine große Rolle.

Der Datenschutz ist ein weiterer Aspekt, der für die Verfügbarkeit von Geodaten für Stadtplanung und Immobilienwirtschaft entscheidend ist. Interessant sind aus immobilienwirtschaftlicher Perspektive sowie in der Flächennutzungsplanung meist Daten über die Immobiliennutzer (Bevölkerung, Unternehmen). Kontinentaleuropa hat hierbei strenge Regelungen. Während in Deutschland Gewerbemeldestatistiken noch gut zugänglich (aber qualitativ kritisch) sind, wird dies bei Beschäftigtenstatistiken und Einwohnermeldedaten schwierig. Dass andere Länder andere Sitten haben, zeigt das bei BENENSON / TORRENS (2004, 14 f.) vorgestellte Einwohner-GIS von Tel Aviv. Inwieweit dies wünschenswert ist, ist sicherlich an anderer Stelle zu diskutieren (vgl. hierzu knapp bspw. O'LOONEY 2000, 170 ff.). Alternativ wird deshalb oft mit synthetischen Populationen gearbeitet, welche als Aggregatdatensatz alle Eigenschaften bekannter Statistiken erfüllen (vgl. BECKMAN / BAGGERLY / MCKAY 1996).

6.5 Welche Geomodellierung eignet sich für welches Anwendungsfeld?

Im Folgenden werden die in Kapitel 1 aufgestellten Anwendungsfelder in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft einzeln abgehandelt und die folgenden Fragen beantwortet:

- Welche Typen der Geomodellierung (rein geometrisch, rein quantitativ, verknüpft – statisch, dynamisch – 2D, 3D) werden aktuell verwendet und wie sind die Anforderungen der Anwendungsfelder angesichts aktueller Entwicklungen?
- Inwieweit können die in Kapitel 4 aufgeführten Methoden und Werkzeuge der Geomodellierung diese Anforderungen bedienen?

6.5.1 Analyse, Prognose und Planerstellung

Die Aufstellung der Bauleitpläne ist Aufgabe der Gemeinden (vgl. §2 (1) BauGB). Dabei müssen sie das zur Entscheidung notwendige Abwägungsmaterial ermitteln und bewerten (vgl. § 2 (3) BauGB). Analoge Anforderungen an die vorgelagerte Analyse gibt es bei Raumordnungs- und Planfeststellungsverfahren (sowie auf überörtlicher Ebene bei Regionalplänen und Landesentwicklungsprogrammen).

Je nach örtlicher Situation und je nach Planart (Flächennutzungsplan, Bauleitplan, informelle Konzepte) sind verschiedene Modellierungsthemen von Bedeutung:

- Bevölkerungs- und Erwerbstätigenprognose (v.a. in der Flächennutzungsplanung).
- Darauf aufbauende Bedarfsanalyse für Versorgungs- und Gemeinbedarfseinrichtungen sowie für den ÖPNV (Flächennutzungsplanung / spezielle Konzepte).
- Kaufkraftstrommodellierung und Erreichbarkeit von Versorgungsbereichen (Flächennutzungsplanung, Einzelhandels- und Zentrenkonzepte, Raumordnungsverfahren).
- Stadt- und regional- und immobilienwirtschaftliche Wirkungsanalysen (v.a. bei Großprojekten).
- Verkehrsmodellierung (Flächennutzungsplanung , Verkehrskonzepte).
- Sichtbarkeitsanalysen (Hochhauskonzepte, evtl. Flächennutzungsplanung, im Regelfall Bebauungsplanung).
- Schallschutzanalysen (Bebauungsplanung, Lärmminderungsplanung, Planfeststellungen bei Verkehrsvorhaben).
- Ausbreitungsanalysen schädlicher Emissionen in der Luftreinhaltung (Umweltberichte im Rahmen der Bauleitplanung, Raumordungsverfahren, Planfeststellungen).
- Diverse andere Umweltanalysen wie z. B. in den Themenbereichen Stadtklima, Bodenversiegelung, flächenhafte und funktionale Beeinträchtigung von Schutzgebieten etc. (Umweltberichte im Rahmen der Bauleitplanung, Raumordungsverfahren, Planfeststellungen).

Quantitative und geometrische Analysemethoden spielen je nach Fragestellung beide eine Rolle. Die Durchführung der grundlegenden Analysen und die darauf folgende Konzeption eines Planes ist im Wesentlichen eine interne Aufgabe. Im Vordergrund steht deshalb die Exaktheit in den Analyseschritten, nicht unbedingt die ansprechende Visualisierung. 3D-Stadtmodelle in ihrer Basisform sind deshalb für Sichtbarkeitsanalysen brauchbar, detaillierte Rastergrafiken der Fassaden sind jedoch nicht notwendig.

Im Bereich der vorgelagerten Analyse sind GIS bereits weit verbreitet. Ihre Hauptnutzung besteht darin, den kommunalen Datenbestand zu archivieren und für das Verwaltungshandeln zugänglich zu machen. Auch die GIS-Analysefunktionen sind von hoher Bedeutung. Allerdings ist GIS weit davon entfernt, ein Werkzeug für alle räumlichen Fragestellungen zu sein. Viele Spezialbereiche (Schallschutz Verkehr etc., aber im Prinzip auch die Stadtsimulation) haben ihre eigene Software entwickelt. Bei der Planerstellung haben Zeichenprogramme nach wie vor große Bedeutung, auch wenn die Daten in Zukunft für die Web-GIS-Darstellung aufbereitet werden dürften.

Die Übernahme von quantitativen Modelloutputs für die Öffentlichkeitsbeteiligung spielt eher selten eine Rolle. In die Öffentlichkeitsbeteiligung eingehen dürften im Wesentlichen die Planzeichnungen selbst sowie Gebäude- und Projektvisualisierungen aus Zeichenprogrammen.

6.5.2 Behördenbeteiligung

Im Rahmen der Aufstellung eines Bauleitplans holt die Gemeinde die Stellungnahmen anderer Behörden und sonstigen Träger öffentlicher Belange ein, soweit deren Aufgabenbereiche durch die Planung beeinflusst werden (vgl. § 4 (1) BauGB). § 4a (4) regelt dabei auch den Einsatz elektronischer Übermittlungsmethoden.

In die Beteiligung der Behörden fließen nur diejenigen Daten ein, die für den konkreten Planungsfall von Bedeutung sind. Die Archivierung umfangreicher Datenbestände spielt hier somit keine Rolle mehr. Im Gegenzug müssen die Planinhalte und für die Beurteilung relevante Grundlagen jedoch dargestellt (Vektordaten oder Rasterdaten) und übermittelt werden (Mail mit Anhang im Standard-GIS-Format, Homepage mit Zugangsberechtigung). Aufwändige Visualisierungen sind jedoch nicht notwendig, es kommt auf die Exaktheit der Darstellungen sowie die Standardisierung des digitalen Datentauschs an.

Sinnvoll ist es, in Aufstellung befindliche Bauleitpläne kennwortgeschützt im Internet zugänglich zu machen.

Die stärkere Verbreitung von Standards wie XPlanGML 1.2 (vgl. GDI-DE ARBEITSKREIS „XPLANUNG“ 2007) sowie die Implementierung in Grafikprogramme stehen jedoch noch aus. Dies würde auch die „grafische“ Übermittlung von Einwendungen und Bedenken und die digitale Einarbeitung beim Planzeichner ermöglichen. Dies ist zwar derzeit auch in GIS möglich, wird aber wegen der Vielzahl an Formaten eher selten angewandt.

Eine weitere Entwicklung ist Beteiligungssoftware, welche den Plan als Web-GIS einsehbar macht, Anregungen und Bedenken per Datenbank erfasst und deren Bearbeitung erleichtert.[13] Neben den für das Thema der Arbeit weniger interessanten Aspekten der Beteiligungsdatenbank handelt es sich hierbei um ein „normales“ Web-GIS.

[13] Z. B. das Produkt Beteiligung-Online von Entera: www.entera.de/beteiligung.phtml

6.5.3 Öffentlichkeitsbeteiligung und Planveröffentlichung

Neben den Behörden und sonstigen Trägern öffentlicher Belange ist während des Aufstellungsverfahrens eines Bauleitplans auch die Öffentlichkeit zu beteiligen (§ 3 BauGB). § 4a (4) zum Einsatz der elektronischen Übermittlungsmethoden gilt hier analog (vgl. STEINEBACH 2004). Gleiches gilt für Beteiligungssoftware, welche für die Öffentlichkeitsbeteiligung eingesetzt werden können.

Die Beteiligung der Öffentlichkeit geht insofern über die Behördenbeteiligung hinaus, als die Zahl der Adressaten wächst und die Darstellung der Informationen ein noch größeres Gewicht erhält, wohingegen die Zahl der zu veröffentlichenden Informationen tendenziell reduziert wird.

Zukünftig können die Kommunen die Bauleitpläne über XPlanung in eigene Web-GIS-Portale integrieren oder sie über Landesportale zugänglich machen – grundsätzlich sind bei gleichen Schnittstellen und vorhandenem städtischen Portal aber auch Parallelstrukturen unproblematisch.

Für die öffentliche Diskussion ist meist nicht nur das Aussehen des Plans von Bedeutung, sondern eine Antizipation dessen, was an der geplanten Stelle gebaut werden könnte. Insofern spielt auch die Integration klassischer Darstellungsformen wie des Bebauungsvorschlags eine Rolle. Dabei nimmt die 3D-Visualisierung zu. Als prominentes Beispiel ist der Münchener Hochhausentscheid zu nennen. Hier wurden mit Hilfe des 3D-Stadtmodells zahlreiche Studien über die visuelle Wirkung der Hochhäuser erstellt.[14] Interessant wären automatisierte Visualisierungen der Maximalausnutzungen, um Bürgern schnell die Reichweite des Bebauungsplans vorführen zu können. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass kenntlich gemacht wird, ob die gewählte Darstellung (bspw. Satteldach) tatsächlich vorgeschrieben oder nur beispielhaft ausgewählt wurde.

Die oben angesprochene Beteiligungssoftware ist grundsätzlich auch für die Bürgerbeteiligung anwendbar. Hier stellt sich jedoch die Frage, ob die Beteiligung nicht gleich über Web-GIS erfolgen kann.

Die Überlappung mit dem Datenbedarf der vorgelagerten Analysephase ist meist relativ gering. Insofern generiert die Zusammenfassung aller Schritte der Planaufstellung in einem System wenig Zusatznutzen. Wichtiger ist die Übernahmemöglichkeit von Daten aus dem Analyse-GIS ins Zeichenprogramm zur Planerstellung sowie des fertigen Plans zusammen mit der Visualisierung und dem 3D-Stadtmodell des Umfelds in die Beteiligungssoftware zur Behördenbeteiligung und in XPlanung für die Planveröffentlichung.

Momentan lässt sich allerdings noch eine Trennung zwischen Web-Darstellung und attributiver Information feststellen. Wer sich durch Web-GIS oder 3D-Stadtmodelle bewegt, erhält in den derzeit gängigen Modellen kaum Zusatzinformationen zu den modellierten Gebäuden. Umgekehrt sind Portale mit umfangreicher Sachinformation oft wenig ansprechend.

6.5.4 Standort- und Marktanalyse

„*Die Aufgabe der Standortanalyse besteht (…) darin, alle derzeitigen sowie zukünftig absehbaren Gegebenheiten im räumlichen Umfeld einer Immobilie zu erheben und entsprechend ihrer Bedeutung für den jeweiligen Marktsektor zu beurteilen*“ (MUNCKE / DZIOMBA / WALTHER, in: SCHULTE / BONE-WINKEL 2002, 143).

[14] Näheres zu den Untersuchungen als Links auf www.muenchen3d.de

„*Die Aufgabe der Marktanalyse besteht (…) darin, alle Markt wirksamen, quantitativen und qualitativen Komponenten des Angebotes und der Nachfrage, in die Einfluss auf das Immobilienvorhaben ausüben, zu erheben*“ (MUNCKE / DZIOMBA / WALTHER, in: SCHULTE / BONE-WINKEL 2002, 148).

Beide Analysen bilden einen Teil der Projektkonzeption, die „*den Projektentwickler in die Lage versetzen soll, die Realisierungsfähigkeit des Projektes anhand detaillierter Daten und Prognosen zu verifizieren und den anderen an der Projektentwicklung beteiligten Institutionen, insbesondere den potentiellen Financiers, Nutzern und Investoren sowie der Öffentlichkeit, nachvollziehbar begründen zu können*“ (SCHULTE / BONE-WINKEL / ROTTKE, in: SCHULTE / BONE-WINKEL 2002, 44 f.). Eine Affinität zur Geomodellierung besitzt hierbei insbesondere die Standortanalyse.

Ähnlich wie bei den Basisanalysen in der öffentlichen Planung sind auch hier umfangreiche Datenbestände notwendig, die zunächst generiert oder akquiriert und dann ausgewertet werden müssen. Hierfür sind GIS in ihrer bestehenden Form das geeignete Analyseinstrumentarium. Dabei existieren auch spezielle Immobilienlösungen zur Lokalisierung von Konkurrenten oder zur Messung von Einzugsbereichen.[15]

Tendenziell ist das benötigte Analyseinstrumentarium spezieller als in der räumlichen Gesamtplanung. Um die hohe Bedeutung der Lage für den Erfolg einer Immobilie analysieren zu können, muss diese durch vielfältige Parameter beschrieben werden – z.B. Abstände, Einzugsbereiche, Einzugsbereiche in Fahrzeit oder Gehzeit, Clustereffekte im Umfeld, räumliche Autokorrelationen usw. Allerdings können auch geostatistische Methoden sinnvoll sein, die (noch) nicht in proprietäre GIS implementiert sind. Da es sich bei Standortanalysen oft um Auftragsarbeiten handelt, welche nicht wie bspw. Bauleitpläne standardisiert sind, ist auch die Frage nach einer einfachen Visualisierung bedeutsam. Grundsätzlich sind aber auch Standortanalysen eher interne Analysen. 3D-Stadtmodelle werden wohl kaum benötigt.

Unbewusst führt auch jeder private Einzelkäufer eine „eigene“ Standort- und Marktanalyse durch. Bauherren werden inzwischen digital durch die Banken unterstützt, indem nach Eingabe des Straßennamens eine Qualitätsstufe der Wohnlage mit stadtspezifischen Preisen zugeordnet wird.[16] In diesem kundennahen Bereich spielt die Qualität der (2D-)Visualisierung und die Internetverfügbarkeit eine gewisse Rolle. Räumliche Analysetechniken werden sich dadurch nicht nur methodisch vertiefen, sondern auch in ihrer Anwendung verbreiten. Portale im Internet erlauben auch heute schon den Zugriff auf relevante geographische Informationen. www.vdm.de zeigt beispielsweise eine detaillierte Umgebungskarte, wenn der entsprechende Makler dies erlaubt. Amerikanische Portale wie zum Beispiel www.realtor.com gehen weiter, indem sie auch Standortfaktoren wie das sozioökonomische Profil der Nachbarschaft oder die nächsten Schulen und Läden anzeigen.

Während Marktanalysen meist durch Zeitreihen bearbeitet werden (vgl. Kapitel 4.2.4), sind Standortanalysen per se GIS-affin. Sieht man die beiden Analyseformen jedoch als Einheit, so stellt sich automatisch die Frage nach der standörtlichen Auswirkung von Marktsituationen. Hierauf wird im Fokusthema zur Büromarktmodellierung in Teil C noch eingegangen.

---

[15] Eine derartige Funktion sieht bspw. das Location GIS von Borchert GeoInfo vor. Zu einem Projekt von Jones Lang Lasalle siehe WYATT / RALPHS (2003, 95)

[16] Vgl. z. B. www.hvbexpertise.de

6.5.5 Standort- und Immobilienmarketing

Die Vermarktung eines Immobilienprojektes kann grundsätzlich in jeder Phase des Lebenszyklus eines Objektes erfolgen. Besonders häufig tritt die Notwendigkeit jedoch kurz vor Fertigstellung des Bauprojektes auf. Beteiligt sind neben den Bauträgern selbst meist auch Makler.

Die Anforderungen an Geomodelle unterscheiden sich grundlegend von der Standort- und Marktanalyse. Einerseits muss die relevante Sachinformation generiert werden und dem Kunden zur Verfügung gestellt werden. Andererseits ist die Präsentationsform der Daten eine höchst wichtige Zusatzaufgabe. Eine Verbesserung der Visualisierungstechniken ist von besonderem Interesse, wenn die Darstellung als Element der Kommunikations- und Distributionspolitik dient und den künftigen Investor, Mieter oder Immobilienberater auf ansprechende Weise mit entscheidungsunterstützenden Informationen versorgt. Interaktivität, Dreidimensionalität, Präsenz im Internet sowie Animation sind bedeutende Anforderungen um aufzufallen. Eine Rolle spielen aufwändige Visualisierungen, die bspw. auf Messen eingesetzt werden.[17] Hier sind meist keine bis wenige Sachinformationen implementiert. Quantitative Analyse und dynamische Entwicklungen außerhalb der Animation statischer Daten spielen keine Rolle.

Eine flächenhafte Verfügbarkeit ansprechender Geodaten auf Foto- oder Stadtmodellbasis verknüpft mit relevanten Sachdaten könnte eine teilautomatisierte Exposéerstellung erlauben. Die Eingabe von Adresse und den wesentlichen Objektdaten generiert unter Berücksichtigung von Sachinformationen und Bildern über das Umfeld eine schnelle Vorabinformation des Kunden.

Neben der Darstellung des Angebotes gegenüber dem Kunden benötigen Makler selbst Informationen über die zu vermarktenden Objekte sowie die vergangenen Geschäftsabschlüsse oder die Geschäftsabschlüsse der Konkurrenten. Hierbei sind die Anforderungen stärker auf das Erfordernis detaillierter Sachdaten ausgerichtet, die Visualisierung spielt eine geringe Rolle. Hier können die Anforderungen ähnlich wie in der Standort- und Marktanalyse mit Standard-GIS bedient werden.

Standortmarketing ist auch eine öffentliche Aufgabe. Zahlreiche Standortregionen verfügen über ein Standortinformationssystem, welches die Suche nach Gewerbebauland ermöglicht. Der Nutzer gibt entweder bestimmte Kriterien ein (z.B. die gewünschte Grundstücksgröße, die Distanz zur nächsten Autobahnausfahrt) und erhält die Treffer auf einer Karte visualisiert oder er öffnet die Karte, besucht ihn interessierende Grundstücke und lässt sich die Sachinformationen einblenden.[18] Auf städtischer Ebene existieren derartige Portale bspw. für Baulückenkataster.[19]

Denkbar wären in diesem Bereich *public-private-partnerships* für Standortportale, welche öffentliche Daten und privatwirtschaftliches Know-how in der Standortanalyse integrieren würden. Hier könnten Makler die Sachdaten, die öffentliche Hand die Geodaten beisteuern.

---

[17] Für den Spaziergang durch das neue Messeviertel in Köln vgl. BECKER / JHA IN: GEOBIT 11/2003.

[18] Gute Beispiele, welche sowohl die Abfragefunktion für Flächen und Gebäude mit Kartendarstellung, als auch die interaktive Standortinformation bieten, sind das Bayerische Standortinformationssystem www.sisby.de und das hessische Standortinformationssystem www.hessen-flaecheninfo.de

[19] Siehe z. B. www.stuttgart-bauflaechen.de/

6.5.6 Wertermittlung

Die Lage wird oft als der wichtigste Faktor für den Wert einer Immobilie bezeichnet. Zwar spielen auch technische oder ästhetische Gesichtspunkte eine Rolle, doch der Einfluss der räumlichen Parameter auf den Wert ist hoch. Die Zielvorstellung einer Geodatennutzung durch Wertermittler ist dabei, den Aufwand für die Ermittlung von wertbestimmenden Einzelparametern zu mindern und gleichzeitig bessere, umfangreichere und detailliertere Eingangsdaten zu bekommen. Nutzer sind Banken, die Kreditentscheidungen treffen oder Beleihungswerte aktualisieren, aber auch Besitzer großer Immobilienbestände, die das Bilanzvermögen bewerten.

Dabei kann ein GIS oder Web-GIS eine Informationsdatenbank für Werte sein, in dem Mieten, Bodenrichtwerte oder Kaufpreise abrufbar sind. Die Bodenrichtwerte sind sowieso zunehmend georeferenziert und unter Eingabe einer Adresse per Internet abrufbar. Ausgegeben werden dann die Werte, wobei zusätzlich Grundkarten, Stadtpläne oder topographische Karten eingebunden werden können.[20] Auch Liegenschaftskarte und Liegenschaftsbuch lassen sich teilweise online abrufen. Mieten werden meist in stadtquartiersspezifischer Preiszuordnung durch einfache, mittlere, gute o.ä. Lagequalitäten auf interaktiven Karten wiedergegeben.[21] Hier sind die Zielgruppen ähnlich wie in der Standort- und Marktanalyse inzwischen breit gestreut. Die Qualität der Visualisierungen oder die Anbindung von 3D-Modellen ist hier sicherlich schön, aber für den inhaltlichen Informationswert kaum erforderlich.

GIS dienen in der Wertermittlung jedoch nicht nur als reine Informationsspeicher, sondern auch als Analyse- und Berechnungswerkzeug für Geomodellierung. Interessant ist die Einbindung der verfügbaren Informationen zu einer halbautomatisierten Bewertung. Hier werden in den angelsächsischen Ländern bereits große Anstrengungen unternommen, da hier auch unter Steuergesichtspunkten eine regelmäßige Bewertung notwendig ist. Auf dem deutschen Markt sind viele verschiedene Softwareprodukte zur Liegenschaftsbewertung vorhanden, ein gewisser Automatisierungsgrad ist allerdings nur bei den wenigsten vorhanden.[22] In ein automatisiertes System wird die Adresse der Immobilie zusammen mit gewissen Objektparametern (Baualter, Geschossfläche etc.) eingegeben. Daraufhin wird anhand der im GIS erfassten räumlichen Parameter ein Vorschlagswert generiert. Auf das dabei verwendete hedonische Preismodell wird in Kapitel 9.1 und 15.2 eingegangen. Das GIS dient dabei zur Erfassung der wertbestimmenden Faktoren (Bevölkerungsstruktur, Kaufkraft, Versorgungsstruktur, Erholungsgebiete, negative Umwelteinwirkungen) sowohl im Berechnungssample als auch bei der Hochrechung für neue / andere Immobilien. Laut der Aareal Hypotheken-Management können auf diese Weise 50 bis 60 Prozent der Objekte weitgehend automatisiert bewertet werden (vgl. JANICKI / PIESKE 2003). Problematisch sind Altbauten, sanierte Objekte oder Luxusobjekte, während die Ergebnisse in homogenen mittleren Lagen gut

---

20 In Nordrhein-Westfalen existiert das landesweite Bodenrichtwerte-Informationssystem (BORIS), www.boris.nrw.de als Web-GIS. Die Bodenrichtwerte sind auch als Excel-Datei zu beziehen. In anderen Ländern sind diese Informationen teils über kommunale Portale zu bekommen, ansonsten bieten sich die privaten Geodatenbroker an.

21 Z.B. www.hvbexpertise.de. Auch wenn das interaktive Web-GIS inzwischen abgeschaltet wurde, sind die Marktberichte als .pdf weiter verfügbar.

22 Beispielhaft seien genannt:: Aareal Hypotheken-Management, beschrieben in: JANICKI / PIESKE (2003); Automatische Bewertungssoftware LORA von OnGeo; Immoment der Fa. Immodata für Wohnimmobilien (www.immodata.de/immoment.htm); ExpertiX der HypoVereinsbank unter Zusammenarbeit mit SICAD, vgl. auch: AHRENS / KLAMER (2003) und www.hvbexpertise.de; Prototyp einer Bewertungssoftware im Rahmen des Runden Tischs GIS e.V. an der TU München in Zusammenarbeit mit AED-SICAD. Vgl. O.V. (2004).

sind. Alternativ können räumliche Restriktionskriterien für Kreditentscheidungen eingeführt werden, bspw. ab bestimmten Lärmwerten.

Angesichts der homogeneren Baustruktur in den USA ist dort eine einfachere Anwendbarkeit derartiger Systeme zu vermuten. Zudem ist hier eine umfangreiche wissenschaftliche Basis für die Teilautomatisierung vorhanden, da eine starke wissenschaftliche Auseinandersetzung mit den Abhängigkeiten zwischen den Immobilienwerten und ihren räumlichen und baulichen Einflussfaktoren stattfindet.

Die Wertermittlung hat bzgl. der Geodatennutzung klare und steigende Ansprüche an Qualität, Aktualität und Verfügbarkeit georeferenzierter Sachdaten. Insofern kann hier bereits durch ein „reguläres" GIS sowie die Nutzung interaktiver Portale ein hoher Nutzwert generiert werden. Erforderlich ist jedoch eine Verbesserung der Verfügbarkeit von Eingangsdaten zu den Wert bestimmenden Parametern und eine auf die deutschen Besonderheiten ausgerichtete Forschung zum Zusammenhang zwischen räumlichen Faktoren und Immobilienwerten

Darüber hinaus gehende Visualisierungstechniken, bspw. in 3D, bieten hingegen eher geringen Zusatznutzen. Gleichzeitig ist die Wertermittlungspraxis derjenige Teil der Immobilienwirtschaft, der durch verschiedene Kooperationen am deutlichsten seinen Bedarf an Geodaten konkretisiert.[23]

6.5.7 *Corporate Real Estate Management* und *Facilities Management*[24]

Corporate Real Estate Management und *Public Real Estate Management* (CREM, PREM) bezeichnen das Management großer Immobilienbestände, die in der Hand von Wohnungsbaugesellschaften, Industrieunternehmen, privatisierten ehemaligen Staatsunternehmen, Kirchen, dem Staat oder Kommunen sind. Aber auch im Portfoliomanagement sind die Anforderungen der Nutzer bzgl. Geodaten ähnlich. In jedem Fall geht es über die Werte und die wertbestimmenden Faktoren hinaus um die Verknüpfung von wichtigen liegenschaftsbezogenen Sachinformationen mit den Geodaten. Dabei kann es um die Nutzungsplanung für einzelne Teile des Firmengeländes, die Erfassung von Altlasten, die Vermietungsdetails oder den baurechtlichen Status von Grundstücken gehen. Die Sachdaten für Geomodelle kommen somit in diesem Bereich zu wesentlichen Teilen vom Eigentümer selbst.

Eines der frühesten und bekanntesten Systeme ist das Flächeninformationssystem FLIMAS der Deutschen Bahn und der mit ihren Immobilien befassten Nachfolgeunternehmen.[25] In großem Stil setzt bspw. die Immobiliensparte der jetzigen Evonik (früher Ruhrkohle AG) als Besitzerin zahlreicher Immobilienbestände im Ruhrgebiet in Zusammenarbeit mit der eigenen Informatik-Tochtergesellschaft und *ESRI Geoinformatik* ein GIS um, welches Sachdaten der Liegenschaftsverwaltung mit *SAP Real Estate* und dem Zusatzmodul *Land Use Management* (Grundbucheinträge, Verträge und andere Sachinformationen) mit räumlichen Daten überlagert.[26]

---

[23] Zu nennen sind bspw. die Special Interest Group Immobilien innerhalb der Initiative Geodateninfrastruktur NRW (vgl. www.gdi-nrw.de) oder der Runde Tisch GIS e.V. mit dem Projekt „Pilotierung Real Estate" an der TU München (vgl. www.rtg.bv.tum.de)

[24] Für immobilienbezogene Managementdisziplinen existiert inzwischen eine große Begriffsvielfalt, welche TEICHMANN (2007) zu strukturieren versucht. Im vorliegenden wird auf die beiden Disziplinen fokussiert, welche die Nutzung der Immobilie und nicht deren Funktion als Geldanlage in den Vordergrund stellen.

[25] Es wurde Mitte der 90er Jahre eingeführt. Ausgangspunkt waren 1,4 Mrd. m² Grundstücksfläche mit 145.000 baulichen Anlagen und 42.000 Mietverträgen. Vgl. KÜBLER / MAY (1999).

[26] Vgl. www.rag-informatik.de

Für Investoren gibt es zahlreiche Möglichkeiten, Datenbanken wie Oracle oder Access, die Auskunft über das eigene Portfolio oder evtl. Konkurrenzimmobilien geben, durch GIS-Dienstleister visualisieren zu lassen, so dass gleichzeitig auch geographische Abfragen möglich sind (alle Objekte mit einer bestimmten Eigenschaft in einem bestimmten Umkreis o.ä.).[27]

Im *Facility Management* (laut TEICHMANN 2007 das „*Management von betrieblichen und immobilienbezogenen Sekundärprozessen und -ressourcen*“) sind bereits vielfältige Systeme im Einsatz. Meist handelt es sich um CAD-Systeme, Computer Aided Facility Management (CAFM) oder Datenbanken wie das Real Estate Modul von SAP.

Die Aufgaben im Bereich CREM / PREM bestehen allerdings darin, nicht zu viele Parallelstrukturen zu schaffen – vielmehr geht es darum, die Schnittstellen zwischen vorhandenen Daten (GIS, CAD, FM-Software), die verteilt und in verschiedenen Formaten vorliegen, zu gewährleisten.

Aufwändige geometrische Modelle und Visualisierungen sind im FM / CREM eher nur dann bedeutsam, wenn die Flächen vermarktet werden. In diesem Fall ist es sinnvoll, die Bestandshalter von öffentlicher Seite aus mit ins Boot zu holen und eine gemeinsame Erstellung und Nutzung der 3D-Daten sicherzustellen. Interessant ist auch die Tatsache, dass Bestandshalter oft über CAD-Daten ihrer Gebäude verfügen. Langfristig wäre der Austausch der digitalen Gebäudedaten zwischen Bestandshaltern, Architekten und öffentlichen Stellen zur Implementierung in die Stadtmodelle sinnvoll.[28]

6.6 Fazit und Überleitung zum Fokusthema

Die vorangegangene Aufstellung der Anforderungen und bestehenden Lösungen von „Modellierung“ in den verschiedenen Anwendungsfeldern von Stadtplanung und Immobilienwirtschaft hat gezeigt, dass große Unterschiede zwischen den einzelnen Feldern bestehen. Die Trennlinie verläuft dabei nicht zwischen Planung und Immobilienwirtschaft (insofern ist die gemeinsame Betrachtung sinnvoll), sondern zwischen analytischen, berechnenden, intern angewandten Fragestellungen und öffentlichkeitswirksamer Visualisierung (vgl. Abb. 6-1). Den Kernbereich aller Anwendungsfelder bildet die Archivierung räumlicher Daten und deren Ausgabe in Karten und Plänen, also die zentrale Funktion von GIS. Kein Anwendungsfeld lässt sich aber hierauf beschränken.

Die Abgrenzung zwischen geometrischer und quantitativer Modellierung, welche aus den unterschiedlichen Modellbegriffen und Wissenschaftstraditionen in Geodäsie und Stadtökonomie stammt, lässt sich in dieses Schema schwer integrieren. Zahlreiche geometrische Fragestellungen sind eher dem analytischen Bereich zuzuordnen. Gleichzeitig werden natürlich viele quantitative Daten visualisiert.

Die aktuelle technische Entwicklung rund um Web-GIS und 3D-Modelle mit Fassadenfotos scheint aktuell stark in Richtung der Zugänglichkeit von Daten, der Nutzung des Internets und der Darstellung zu gehen. Aus Sicht von Planung und Im-

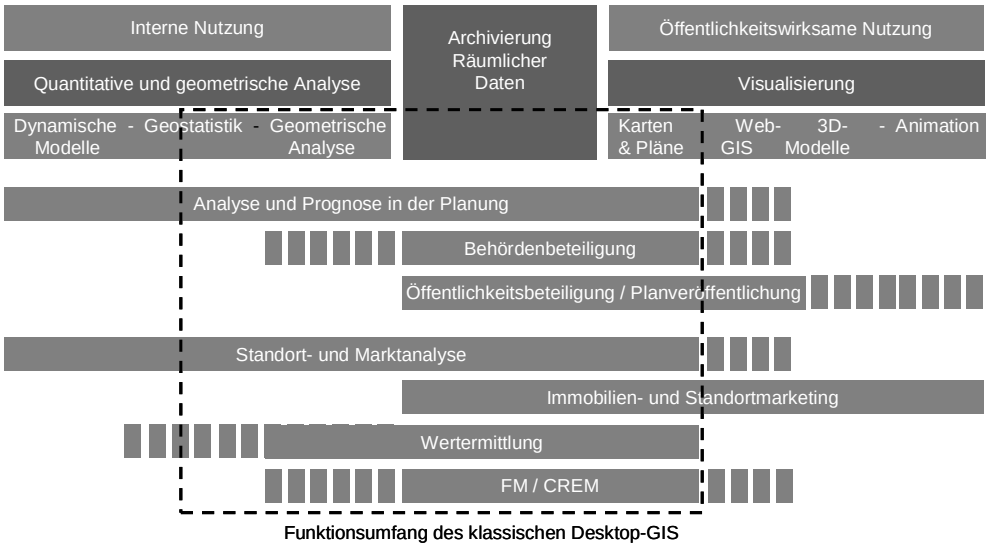
---

[27] Immobilienspezifisches Programme sind bspw. ImmoGIS von Borchert GeoInfo (www.borchert-geo.de) oder der CRE-Valuemanager von Acurtrading GmbH, grundsätzlich eignen sich aber auch die GIS-Programme aller großen GIS-Anbieter.

[28] Hierzu gibt es in Singapur Versuche innerhalb des Projektes CORENET (Construction and Real Estate Network) mit dem Format IFC (Industrial Foundation Classes). Hierbei ist v.a. die Schnittstelle zwischen den CAD-Daten der verschiedenen Hersteller und evtl. zu verknüpfenden GIS-Daten relevant. Vgl. KOHLHAAS / BERTRAM 2003

mobilienwirtschaft sollte jedoch deutlich gemacht werden, dass nicht nur die Darstellung statischer oder animierter Inhalte zu den Anforderungen der Disziplin gehört, sondern auch die quantitative und geometrische Modellierung und Analyse von Grundlagen (die dann durchaus auch in anspruchsvollere Visualisierungen integriert werden können). Für viele Fragestellungen reicht das grafische Instrumentarium eines Standard-GIS jedoch aus.

Abb. 6-1: Methodische Brauchbarkeit von Modellierungsansätzen in den einzelnen Anwendungsfeldern.



Die unterschiedlichen Anforderungen der Anwendungsfelder zeigen auch, dass es unwahrscheinlich ist, dass das gesamte Spektrum der Geomodellierung und Visualisierung in eine Software integriert werden kann. Es ist zu erwarten, dass sich insbesondere die proprietären GIS-Systeme stärker zu den komplexen Analysetechniken hin orientieren. Der Bereich von Visualisierung, fotorealistischen 3D-Modellen und Animation dürfte dem Internet sowie speziellen Viewern überlassen bleiben. Diese Software dürfte aber in Zukunft außerhalb der Gestaltung durch „normale" Planer und Immobilienökonomen liegen.

Wichtig sind wie bereits heute schon die Schnittstellen zwischen den Anwendungen sowie die klare Definition, welche Geodaten multifunktional einsetzbar sind. Die Vielfalt an Geodaten wird diesen Entscheidungsprozess jedoch eher verkomplizieren. Der Schritt vom GIS ins Internet dürfte aber allen Bereichen der Geomodellierung künftig ein Publikum verschaffen, welches in den letzten Jahrzehnten fehlte.

Mit diesem Ausblick schließt der erste Teil der Arbeit, der sich auf einer sehr allgemeinen Ebene mit Geomodellierung in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft sowie den aktuellen technischen und wissenschaftlichen Entwicklungen beschäftigt. Angesichts der Breite des Themas konnte in vielen Bereichen nur eine Art „Einordnung in den Forschungsstand" erreicht werden. Der folgende Teil C dient nun dazu, anhand eines sehr konkreten Anwendungsthemas das Zusammenspiel zwischen geometrischer und quantitativer Modellierung zu überprüfen. Die Wahl fällt auf die Geomodellierung von Angebot und Nachfrage auf Büroflächenmärkten. Das Thema ist sowohl für die Stadtplanung im Sinne von Flächenbedarfsanalysen in der Flächennutzungsplanung und der informellen Stadtentwicklungsplanung relevant, als auch für die immobilienwirtschaftliche Markt- und Standortanalyse sowie die dort relevanten Marktausgleichsparameter Preis und Leerstand. In den Worten von Abb. 6-1 gesprochen, bewegt sich die Arbeit nun „im linken bis mittleren Teil".

Eine genauere Beschreibung der Relevanz des Themas Marktanalyse von Büroflächen aus Sicht von Stadtplanung und Immobilienwirtschaft folgt zu Beginn von Teil C.

Teil C:
Geomodellierung von Büroflächenmärkten

7 Einführung

7.1 Problemstellung

Büroflächen waren in den vergangenen Jahren vor allem durch die extremen Überkapazitäten in den Schlagzeilen. Divergenzen zwischen Angebot und Nachfrage treten dabei insbesondere in den großen Dienstleistungsmetropolen auf. Grund hierfür ist die große Zahl von Einzelakteuren, die ohne vertieftes Wissen um die Marktlage und die Konkurrenzprojekte nach Fertigstellung spekulativ Immobilien entwickeln (vgl. DOBBERSTEIN 2000). Hinzu kommen Sonderentwicklungen wie in Ostdeutschland, wo angesichts steuerlicher Vorteile Neubauten weit über den Bedarf hinaus entwickelt wurden und somit bspw. in Leipzig und Dresden Leerstandsquoten von bis zu 30 % erreicht wurden (vgl. PELZL 1998). Die Leerstände allein der neun größten deutschen Bürometropolen summierten sich im Jahr 2004 zusammen auf knapp zehn Millionen Quadratmeter. Dies ergibt jährliche Mietausfälle für Investoren von über einer Milliarde €. Für die Städte verursachen die starken Marktschwankungen über längere Zeiträume Brachen und Leerstandscluster, wobei kostspielige Infrastruktur vielfach bereits vorgehalten werden muss und das städtebauliche Erscheinungsbild beeinträchtigt wird.

In kleineren Städten ist der Markt für Büroimmobilien noch intransparenter als in den großen Dienstleistungsmetropolen. Hier haben sich vielfach noch keine richtigen Büromietmärkte ausgebildet, das Projektentwicklungsgeschehen ist von Eigennutzern oder nicht-spekulativen Projektentwicklungen für konkrete Nutzer geprägt. Dadurch sind die Märkte weniger volatil. Allerdings führt hier das niedrige Mietpreisniveau vielfach dazu, dass sich die Renovierung bzw. das so genannte *refurbishment* funktional veralteter Bürogebäude der 50er, 60er und 70er Jahre nicht mehr lohnt. Da Konkurrenzentwicklungen mangels attraktiver innerstädtischer Bürocluster vielfach in besser erreichbaren Randlagen entstehen (vgl. DOBBERSTEIN 2004), führt dies zu einem nicht mehr nutzbaren Sockelleerstand (vgl. SCHEFFLER 2004). Gerade in zentralen und stadtbildprägenden Lagen hat diese Form des Leerstandes städtebauliche Folgen, die sich negativ auf das Stadtimage, die Attraktivität des Zentrums, das Stadtmarketing sowie die Ansiedlungsbemühungen neuer Unternehmen auswirken können.

Während in der Vergangenheit der Bedarf und die Inanspruchnahme von Büroflächen kontinuierlich gewachsen sind (vgl. V. EINEM / TONNDORF 1990), mehren sich in Deutschland inzwischen die Anzeichen, die von einem verlangsamten Wachstum, einer Stagnation oder sogar einem Rückgang der mittel- bzw. langfristigen Inanspruchnahme von Büroflächen ausgeht. Als Gründe für die Verlangsamung des Wachstums kommen in Frage:

- Die Zahl der Bürobeschäftigten nimmt ab, da globalisierungsbedingt Dienstleistungsarbeitsplätze ins Ausland verlagert werden, gleichzeitig aber auch der Strukturwandel mit seiner Verschiebung von Nichtbüro- zu Büroarbeitsplätzen an Schwung verliert.

- Die Zahl der Bürobeschäftigten nimmt ab, da bedingt durch den demographischen Wandel dem Arbeitsmarkt ab 2020 ein zu geringes Erwerbspersonenpotenzial zur Verfügung steht und die Arbeitgeber auf die Arbeitsmarktengpässe im Bereich der Hochqualifizierten mit Rationalisierung und Verlagerung der dann teurer werdenden Arbeit antworten.

- Die Flächenkennziffer, also die jedem Bürobeschäftigten zur Verfügung stehende Bürofläche, ist nach den massiven Anstiegen der Vergangenheit

eine unsichere Größe. Während eine Verknappung des Arbeitsangebotes im Rahmen des demographischen Wandels eher für die Ausweitung attraktiver Arbeitsumgebungen spricht, ergeben sich Rationalisierungsmöglichkeiten – u.a. auch durch das derzeitige Nischenprodukt *desk sharing*[29] – welche die deutsche Büroflächenkennziffer auf ein Niveau senken könnte, welches aus teuren ausländischen Metropolen wie London, Tokio oder New York bekannt ist.

Der wesentliche Faktor für die Büroflächennachfrage liegt zudem in der Entwicklung des wirtschaftlichen Wachstums, da dieses – nachfrageseitig beeinflusst von Faktoren wie dem demographischen Wandel – im wesentlichen die Nachfrage nach Arbeit und somit die Notwendigkeit von Büroflächen begründet.

Angesichts dieser steigenden langfristigen Unsicherheiten kann nicht mehr davon ausgegangen werden, dass Überkapazitäten lediglich aufgrund der zyklischen Marktschwankungen entstehen und wie bislang innerhalb des nächsten Zyklus abgebaut werden. Dabei kursieren Schlagworte wie „Rentner fragen keine Büroflächen nach" (vgl. SIMONS 1999, 745 ff.) oder die Aussage, dass jeder bis 2050 in Ostdeutschland benötigte Quadratmeter Bürofläche bereits gebaut ist (vgl. JUST 2005). Bedingt durch den alternden Bestand an Flächen auf der einen Seite und die Nachfrage nach hochmodernen Flächen auf der anderen Seite wird sich der Markt zudem ausdifferenzieren. Alles in allem steigen die Risiken für Entwickler, Banken, Investoren und Kommunen.

Pauschale Aussagen sind in diesem Zusammenhang jedoch sicherlich falsch. Die zunehmenden Unsicherheiten bei traditionell bereits vorhandenen suboptimalen Ergebnissen des Marktgeschehens erfordern jedoch eine verbesserte Prognose der Standort- und Marktentwicklung, damit der Informationsgrad aller Marktteilnehmer standort- und produktbezogen erhöht wird. Interesse an einer Prognose dieser Entwicklung haben die verschiedenen Akteure des Marktes, allerdings jeweils unter einem leicht modifizierten Blickwinkel:

- Für Projektentwickler und deren Geldgeber sind Zyklen mit massiven Verlusten verbunden. Sie sind also v. a. an einer Prognose der Zyklen sowie Angebot und Nachfrage auf kurz- bis mittelfristige Sicht interessiert. Damit kann das Leerstandsrisiko von Projektentwicklungen minimiert werden.

- Die Stadtplanung hat ein Interesse an der Vorhaltung der Erschließung entsprechend des Bedarfs und der Vermeidung von Imageverlusten durch exzessive Leerstände. Zudem gilt es das Risiko von Fehlentwicklungen in der Stadtentwicklungs- oder Flächennutzungsplanung sowie bei großflächigen Projekten wie Flächenrevitalisierungen und Konversionsvorhaben zu minimieren. Die öffentliche Seite ist im Wesentlichen an einer mittel- bis langfristigen Prognose des Flächenbedarfes interessiert. Gleichzeit kann sie zumindest theoretisch durch entsprechende Ausweisungen und Information der Marktbeteiligten die Zyklen steuern.

- Eigentümer von Büroflächen sind an der mittel- bis langfristigen Vermietbarkeit und Mietpreisentwicklung ihrer Flächen interessiert. Die Vermietbarkeit wird v.a. durch die Entwicklung des Leerstandes und die qualitative Einordnung ihrer Immobilie auf dem gesamten Markt beeinflusst.

Für alle Akteure ist somit wichtig, dass der Büroimmobilienmarkt zunehmend von Forschung, Kommunen und Research-Abteilungen der Immobilienwirtschaft beo-

[29] In einem Bürogebäude gibt es mehr Beschäftigte als Schreibtische – jeder Beschäftigte bekommt den Schreibtisch, der gerade frei ist.

bachtet wird. Idealerweise sind die Zielgrößen der Neubaubedarf, die Flächeninanspruchnahme, der Leerstand und das Mietpreisniveau. Detailliertere Büromarktprognosen von privater Seite finden in Deutschland derzeit jedoch fast ausschließlich für die Bürohochburgen Frankfurt, Berlin, Hamburg, Düsseldorf und München statt. Inzwischen hat von öffentlicher Seite auch das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung ein Monitoring zum Gewerbeimmobilienmarkt gestartet (vgl. EMPIRICA 2007). „*Ergänzend zu dem Marktdatenangebot von Privatdienstleistern steuert das BBR mit dem Instrument der Gewerbeimmobilienmarktbeobachtung ein Informationsangebot aus Bundessicht und einen wichtigen Baustein zur analytischen Beobachtung der Marktentwicklungen bei* (www.bbr.bund.de)."

Bedingt durch die Langlebigkeit des Gutes Bürofläche und den bevorstehenden demographischen Wandel bestehen für alle Beteiligten die folgenden Forschungs- und Entwicklungsherausforderungen:

- Wichtig sind langfristige Einschätzungen. Prognosemodelle können grundsätzlich für kurzfristige (ca. zwei Jahre), mittelfristige (bis fünf Jahre) oder langfristige Zeiträume (bei demographischen Prognosen bis zu 50 Jahren) erstellt werden.

- Dabei sind quantifizierbare Informationen auch bei großen Unsicherheiten besser als rein qualitative Trendaussagen. Es addieren sich jedoch Unsicherheiten, die bereits in den Eingangsdaten enthalten sind, zu den Prognoseunsicherheiten, die besonders bei langfristigen Zielhorizonten immer höher werden. Gerade bei längerfristigen Entwicklungen begibt sich eine Prognose schnell auf dünnes Eis.

- Angebot, Nachfrage und Preise für Büroimmobilien sind in hohem Maße standortabhängig. Für vor Ort entscheidende Projektentwickler, Investoren, Banken, Stadtplaner und Wirtschaftsförderer liegt gerade in der räumlichen Genauigkeit von Prognosen der entscheidende Mehrwert gegenüber der allgemeinen Bestimmung von Trends. Hierbei entstehen zusätzliche Anforderungen an die Genauigkeit von Eingangsdaten.

Die zentrale Herausforderung in der Büromarktforschung besteht also darin, örtlich konkrete Prognosemodelle zu entwickeln bzw. weiterzuentwickeln. Angesichts der hohen Bedeutung des Standorts bietet die räumliche Modellierung einen Ansatz, der theoretische Modelle räumlicher und nicht-räumlicher Natur integriert und mit Hilfe des Operationalisierungswerkzeugs GIS gleichzeitig die Speicherung und Modellierung der notwendigen umfangreichen geographischen Datenbestände ermöglicht.

7.2 Ziel der Untersuchung des Fokusthemas

Mit der Untersuchung des Anwendungsbeispiels Büromarktanalyse werden in der folgenden Arbeit also zwei Ziele verfolgt:

- Einerseits soll die Fragestellung nach der Tauglichkeit von Ansätzen der räumlichen Modellierung anhand des Fokusthemas vertieft werden und anhand der Erfahrungen aus dem Teilbereich Rückschlüsse gezogen werden auf den Gesamtbereich der Anwendungsfelder Stadtplanung und Immobilienwirtschaft.

- Andererseits stellt auch die Büromarktanalyse an sich einen interessanten und verbesserungsfähigen Untersuchungsgegenstand dar. Hier soll die Arbeit verschiedene der bislang weitgehend unverknüpft nebeneinander exis-

tierenden (Prognose-) Modelle unter GIS-Einsatz zum gemeinsamen Einsatz in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft verknüpfen.

7.3 Aufbau von Teil C

In den folgenden Kapiteln werden die notwendigen Grundlagen, die zur Modellierung des Büroflächenbedarfes notwendig sind, erklärt und die theoretischen Referenzen dargestellt, auf denen die Modellierung aufbaut. Bei jedem einzelnen Modell wird zum Abschluss des jeweiligen Abschnitts die Frage beantwortet, inwieweit oder mit welchen Eigenschaften es zur standortsspezifischen Modellierung des Büroflächenbedarfes geeignet ist und inwiefern die empirische Anwendung des Modells im Hinblick auf Datenverfügbarkeit und informationstechnische Umsetzung (v.a. in Geoinformationssystemen) möglich ist.

Das aktuelle Kapitel 7 führt in die Thematik ein. Aus der Vielzahl an wissenschaftlichen und praktischen Ansätzen werden die zentralen Richtungen herausgearbeitet: Kapitel 8 analysiert dabei Ansätze auf der aggregierten Makroebene. Kapitel 9 stellt die Mikroebene dar. Hier muss kurzfristig das Anwendungsfeld Büromarktanalyse verlassen werden, da Referenzliteratur nur in benachbarten Bereichen zur Verfügung steht und somit auf den Büromarkt übertragen werden muss. Dabei wird jeweils diskutiert, ob und wie die Modelle durch Einsatz eines (gebäudebezogenen) GIS im Rahmen der Arbeit empirisch angewandt werden können. Methoden räumlicher Analyse, die aufgrund fehlender Daten oder hohen Aufwandes nicht in die später folgende Fallstudie integriert werden können, werden auch im Hinblick auf ihre Tauglichkeit für die konkrete Fragestellung der Büroimmobilien bewertet. Kapitel 10 stellt aus den Erkenntnissen der vorangegangenen Kapitel eigene Modelle zusammen, die mit verfügbaren Daten und GIS-Unterstützung in einer Fallstudienstadt testweise geschätzt und angewandt werden können. Kapitel 11 bewertet diese Modelle und erläutert den weiteren Forschungsbedarf. Als Ausblick werden die Handlungsoptionen der Akteure auf der Basis der Modelle andiskutiert.

7.4 Definitionen

Für die Behandlung standortbezogener Büroflächenmarktmodelle sind einige Begriffsdefinitionen notwendig, die u. a. auf den Normierungen der Gesellschaft für immobilienwirtschaftliche Forschung e.V. (GIF) sowie wissenschaftlichen Arbeiten fußen. Im Folgenden sollen die Begriffe Bürofläche, Angebot und Nachfrage sowie Standort und Lage (als Determinanten des Raumbezugs und somit der Geomodellierung) getrennt betrachtet werden.

7.4.1 Bürofläche

Laut GIF gelten „als Büroflächen […] diejenigen Flächen, auf denen typische Schreibtischtätigkeiten durchgeführt werden bzw. durchgeführt werden *können* und die auf dem Büroflächenmarkt gehandelt, d.h. als Bürofläche vermietet werden *können*“ (GIF 2004, 3). Es geht also um die Eignung und die Marktfähigkeit als Bürofläche. Im Detail tauchen dabei einige Abgrenzungsprobleme auf:

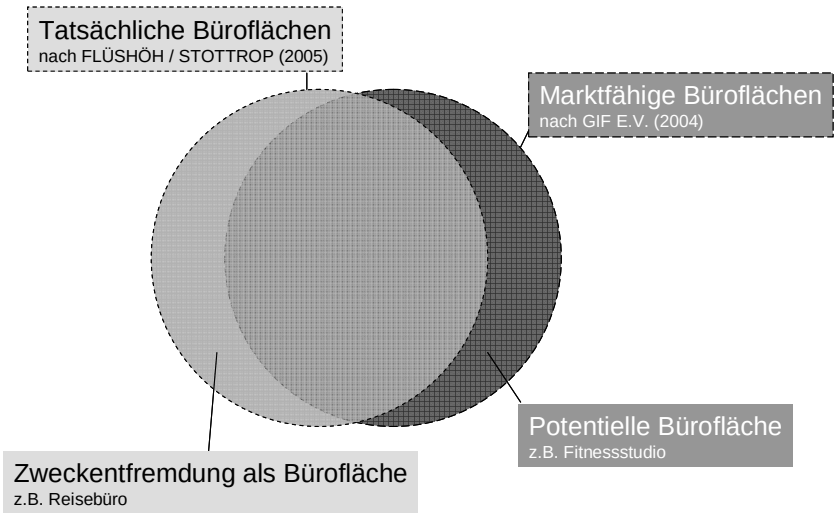
- Mangelnde Marktfähigkeit kann z.B. bei nicht abgeschlossenen Nutzungseinheiten vorliegen. Unklar ist jedoch, inwieweit überalterte Büroflächenbestände noch als marktfähig gelten können, wenn sie im Regelfall nicht mehr benutzt werden, aber in Phasen extremer Marktungleichgewichte kurzfristig herangezogen werden.

- Bei Nutzern, die unterschiedliche Raumtypen belegen, zählen abgrenzbare Bürotrakte als Büroflächen (z.B. bei Theatern, Gewerbeparks, Kaufhäusern, Rundfunkanstalten, Universitäten o. ä.). Banken, Polizeiwachen und Gerichtsgebäude zählen auch mit den jeweiligen Schalterhallen oder Sälen. In der Praxis ergeben sich jedoch immer Abgrenzungsprobleme, gerade beispielsweise im produzierenden Gewerbe.
- Umnutzungen von anderen Immobilientypen für Büronutzungen zählen nicht als Büroflächen (z.B. Reisebüros oder Versicherungen in Läden), während hingegen andere Nutzungen in originär als Büros nutzbaren Gebäuen (z.B. Fitnessstudios) zum Büroflächenmarkt zählen.

Grundsätzlich ist eine Büro-Definition wünschenswert, welche die gesamte Nutzfläche einer Stadt in sich nicht überlappende Teilgruppen aufspaltet (Wohnen, Büro, Einzelhandel, Produktion…). Die von der GIF gewählte Definition anhand der Marktfähigkeit erfüllt dieses Kriterium durch den im Anhang geforderten Ausschluss von Wohnungen / Läden mit Büronutzern. Damit sind alle *marktfähigen* Büroflächen enthalten, welche in erster Linie auf dem Büroflächenmarkt gehandelt werden (und erst in zweiter Linie auf dem Markt für Einzelhandelsimmobilien etc.).

Der Büroflächenbegriff von FLÜSHÖH / STOTTROP (2005, 17) weicht von der GIF ab, indem er auf die tatsächliche Nutzung einer Fläche abstellt (bei leer stehenden Flächen muss trotzdem das Kriterium der potenziellen Nutzung angewandt werden). In der vorliegenden Arbeit werden diese Flächen als *tatsächliche* Büroflächen bezeichnet. Auch diese Definition erfüllt das Kriterium der überschneidungsfreien Definition von Nutzungen innerhalb einer Stadt – wenn auch auf andere Weise als die Definition der GIF. Der erste Unterschiedsbereich „nicht marktfähige Bürofläche mit tatsächlicher Büronutzung“ (z.B. Reisebüro) wird im Folgenden als *Zweckentfremdung als Büronutzung* bezeichnet. Der zweite Unterschiedsbereich „marktfähige Bürofläche mit anderer Nutzung“ (z. B. Fitnessstudio) wird bei FLÜSHÖH / STOTTROP (2005, 16) *Büroflächenpotenzial* genannt.

Abb. 7-1: Verschiedene Büroflächendefinitionen



7.4.2 Angebot und Nachfrage

Durch die Richtlinie der GIF (2004) ist in Deutschland eine Nomenklatur für die wesentlichen Marktgrößen entstanden. Laut der Definition der GIF (2004) bezeichnet *Nachfrage* pro Zeiteinheit die Summe der von Maklern registrierten Flächengesuche in Quadratmetern. Davon sind wiederum der *Umsatz* (die tatsächlich bezoge-

nen Flächen) sowie die *Nettoabsorption* (Umsatz minus vorher leergezogene Flächen) zu unterscheiden. Der Nachfragebegriff ist äußerst schwer zu quantifizieren, da er nicht auf tatsächlich erhebbaren Transaktionen, sondern nur auf informeller Kommunikation beruht. DI PASQUALE / WHEATON 1996, 294 bezeichnen als *demand* hingegen die deutsche *Inanspruchnahme* (also alle vorher und neu tatsächlich genutzten Flächen). Auch die Nettoabsorption (also die Veränderung der Inanspruchnahme von einer Periode zur nächsten) könnte man als Nachfragegröße bezeichnen.

Ähnliches gilt für das *Angebot*: Als solches bezeichnet die GIF (2004) nur aktuelle Leerstände sowie zusätzlich im Bau befindliche Flächen und Projekte in der Pipeline, DI PASQUALE / WHEATON (1996, 294) alle bestehenden Flächen (*office stock*) – allerdings auch nur die aktuellen, nicht die zukünftigen. LUDWIG (2005, 148) in Deutschland schließt sich dem an, CLAPP (1993, 60) in den USA weicht wiederum davon ab. Auch die Differenz aus Neubau und Abriss (Reinzugang) von einer Periode zur nächsten könnte man als Angebotsgröße bezeichnen.

Diese Inkonsistenzen können für Missverständnisse sorgen. Angesichts der Vielfalt der internationalen Veröffentlichungen ist eine durchgängig einheitliche Nomenklatur allerdings auch schwer zu erreichen. Insbesondere in der Leerstandsklassifizierung gehen die deutschen Bemühungen bspw. über die internationalen Veröffentlichungen hinaus (vgl. SCHEFFLER 2004; HARTUNG 1998).

Im Folgenden wird eindeutig und ohne Widerspruch zu GIF (2004) nachfrageseitig von Inanspruchnahme, Flächengesuchen und Nettoabsorption gesprochen bzw. angebotsseitig von Büroflächenbestand, verfügbarer Fläche und Reinzugang. Angebot und Nachfrage sind somit Überbegriffe für mehrere Größen. Die Benennung der Variablen orientiert sich an Abkürzungen dieser Begriffe.

7.4.3 Standort

Geomodellierung auf dem Büroflächenmarkt bezeichnet gemäß der Definition aus Teil B zunächst alle Modelle mit Raumbezug. Dabei fand eine Eingrenzung auf die Ebenen von Stadt bis Gebäude statt. Der Raumbezug von Immobilien ist durch ihren Standort gegeben.

Als Standort wird aus wirtschaftlicher Perspektive ein geographischer Ort verstanden, an dem Produktionsfaktoren eingesetzt werden, um Leistungen zu erstellen. Der Begriff lässt sich aber auch auf Konsumenten und Gemeinbedarfseinrichtungen übertragen (der Standort eines Haushaltes). Das englische Wort *location* wird diesbezüglich umfassender verwendet.

Üblicherweise wird zwischen Makrostandort und Mikrostandort unterschieden. Der Makrostandort umfasst dabei die Stadt beziehungsweise den Kreis oder die Region, in der die Immobilie liegt. Unterschiede zwischen verschiedenen Makrostandorten bestehen vor allem durch die Siedlungsstruktur (Ballungsraum – ländlicher Raum). Die großen Bürometropolen unterscheiden sich in gewissem Maße durch ihre Branchenstruktur (Banken in Frankfurt, Medien in Hamburg, Regierung in Berlin). Als Mikrostandort gilt das eigentumsrechtlich abgegrenzte Grundstück selbst sowie das unmittelbare Umfeld, so weit es die Beurteilung des Grundstücks beeinflusst (vgl. ERTLE-STRAUB 2002, 19). In der Praxis ist das wertrelevante Umfeld eines Grundstücks beziehungsweise einer Immobilie durchaus größer. Makler sprechen deshalb von Lage. Man unterscheidet üblicherweise zwischen Citylage, Cityrandlage, Stadtteillage und peripherer Lage (für Details siehe V. MALOTTKI 2003, 37 ff.).

Unter dem Begriff der Geomodellierung soll in der vorliegenden Arbeit kein Bezug auf eine exakte Hierarchiestufe genommen werden. Es soll vielmehr der Vorgang verstanden werden, Aussagen für Gesamträume, die bspw. im Rahmen der Marktanalyse zustande gekommen sind, im Sinne einer räumlichen Disaggregation auf kleinere Teilräume zu übertragen. Die Fragestellung lautet dabei, bis auf welche räumliche Ebene sinnvoll Aussagen übertragen werden können. Dabei ist in der Büromarktanalyse von den Ebenen Gesamtes Land – Büromarkt (der im Regelfall von einer Stadt und u. U. deren angrenzendem Umland gebildet wird) – Teilmarkt (d.h. Stadtviertel, Büroflächencluster) – Baublock – Gebäude auszugehen.

7.5 Planerische und ökonomische Zielgrößen

Die Modellierung von Angebot, Nachfrage und Preisen auf Büroflächenmärkten ist zum einen eine planerische, zum anderen eine ökonomische Fragestellung. Je nach Blickwinkel der Disziplinen stehen jedoch verschiedene Zielgrößen der Modellierung im Vordergrund

7.5.1 Stadtplanung: Büroflächenbedarfsprognose

Planerisches Ziel ist es, die erforderlichen Flächen so auszuweisen, dass Nutzungen optimal zugeordnet sind und durch reine Marktprozesse entstehende Fehlentwicklungen, wie z.B. exzessive Leerstände, Verdrängung von Nutzungen oder Monostrukturierung von Nutzungen, im Sinne der „vorausschauenden Ordnung räumlicher und baulicher Entwicklung im Bereich örtlicher Gemeinschaften“ (SCHÖNING / BORCHARD 1992, 13) vermieden werden können. Büroflächen sind aus planerischer Sicht vergleichsweise gut integrierbar – die Umfeldbeeinträchtigungen sind niedriger als im produzierenden Gewerbe und die Ansprüche an ein störungsfreies Umfeld niedriger als bei Wohnnutzungen. Vielfach können Büronutzungen als bauliche Umsetzung der planerischen Ziele von städtebaulicher Dichte genutzt werden. Problematisch ist im Wesentlichen die hohe Verkehrserzeugung, da heute das Büro im Regelfall die dichteste bauliche Form der Unterbringung von Arbeitsplätzen ist.

Die örtliche Planung steuert grundsätzlich nicht den Neubau selbst, sondern die Flächenausweisung. Planung hat hier die Aufgabe, sowohl die Menge an Fläche zu steuern als auch die Lokalisierung der Flächen. Auf planerische Ziele im Zusammenhang mit Büroflächen, die Notwendigkeit der Steuerung sowie die Umsetzungsinstrumente wird in Kapitel 11.3 noch vertieft eingegangen.

Zielgröße der Analyse (als Vorbereitung der eigentlichen Steuerung durch den Plan) ist die Abschätzung des zukünftigen *Bedarfs*. Die Stadtplanung ist im Wesentlichen an mittel- bis langfristigen Prognosen interessiert. Unter Bedarf versteht die Definitionssammlung der GIF (2004, 4) „*die Summe aller zusätzlichen Büroflächen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt in einem abgegrenzten Marktgebiet für einen zu definierenden Versorgungsstand erforderlich ist.*“ Diese eher hypothetische Größe ergibt sich somit aus der Differenz zwischen dem Versorgungsstand und dem aktuellen Flächenbestand. Über den Zeitpunkt des Versorgungsstandes trifft die Definition zweckmäßigerweise keine Aussage.

Der Bedarf kann – wenn mehr Büroflächen vorhanden sind, als zur Erlangung eines Versorgungsstandes notwendig sind – auch negativ werden. Er darf gerade auf kurze Frist nicht mit den tatsächlichen Flächengesuchen der Nachfrager bzw. den aus den Flächengesuchen tatsächlich resultierenden Miet- oder Kaufentscheidungen (d.h. der tatsächliche Flächenumsatz bzw. die Nettoabsorption) verwechselt werden. Gesuche und Entscheidungen werden aufgrund von noch laufenden Mietverträgen an anderer Stelle oder der Unsicherheit über zukünftige Beschäftigungs-

entwicklungen vertagt oder antizipiert. Bedarf als ex-ante-Größe und Nettoabsorption als ex-post erhobene Größe sind somit selten identisch. Auf der Ebene des einzelnen Büronutzers sollten diese Divergenzen jedoch eher kurzfristiger Natur sein.

7.5.2 Ökonomie: Büromarktanalyse zur Abschätzung von Preisentwicklung und Leerstandsrisiken

Ökonomisch ist das Thema der Büroflächen deshalb, weil der Flächenbedarf auf Märkten gedeckt wird.

Grundsätzlich sind zunächst verschiedene Märkte zu unterscheiden:

- Der Markt für Bauland: Auf diesem werden Büroflächennutzer nur dann unmittelbar aktiv, wenn Bauherr, Eigentümer und Nutzer dieselbe Person sind. Dies ist vor allem in kleineren Städten, auf dem Gelände produzierender Industriebetriebe oder bei öffentlichen Büronutzern der Fall. Der Markt für Bauland ist durch die planerischen Bestimmungen (s.o.) reglementiert.

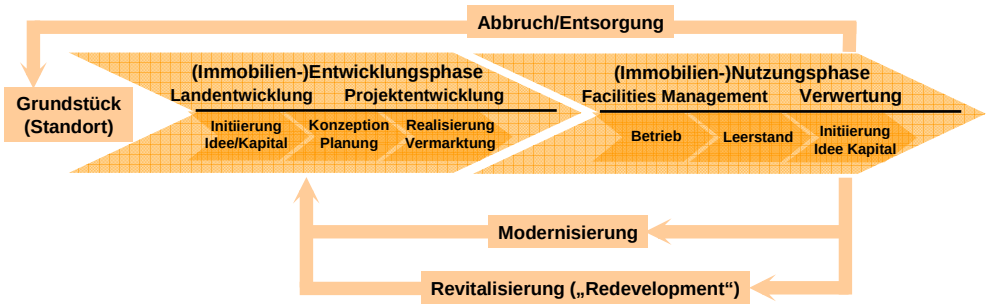
- Der Markt für den Kauf von Büroflächen (Investmentmarkt): Dieser Markt entsteht dann, wenn ein Bauträger das Gebäude an Eigennutzer verkauft oder (der in großen Städten häufigste Fall) wenn ein Projektentwickler das Bürogebäude spekulativ errichtet, dann vollständig vermietet und schließlich in vermietetem Zustand an Investoren (Immobilienfonds, Pensionsfonds) verkauft. Diese verkaufen Bestandsimmobilien selbstverständlich auch untereinander.

- Der Markt für die Miete von Büroflächen: Er existiert meist nur in größeren Städten in einer Form, in der genügend Angebot (verfügbare Flächen) und Nachfrage (Flächengesuche) besteht, um eine Preisbildung nach Marktmechanismen zu ermöglichen. Anbieter sind die Projektentwickler neuer Gebäude sowie die Investoren bestehender Gebäude, Nachfrager sind die Büroflächennutzer.

Die drei Märkte sind jedoch stark gekoppelt (vgl. Kapitel 8.2). Die Baulandmärkte bestimmen das Angebot an neuen Flächen auf dem Mietmarkt. Die Situation auf dem Mietmarkt bestimmt die Preise auf dem Investmentmarkt. Die Akteure auf den drei Märkten sind Projektentwickler und Investoren (Immobilieneigentümer) und Nutzer. Ihr Interesse gilt in erster Linie den Preisen, aber auch den Leerstandsrisiken als zentralem Effekt von im Ungleichgewicht befindlichen Märkten (siehe folgende Abschnitte).

In den folgenden Kapiteln wird sehr häufig von Büromärkten die Rede sein. Damit sind in erster Linie die Mietmärkte gemeint, da ihr Verhalten die Grundlage für die Reaktion der anderen beiden Märkte ist. Für die Analyse der Märkte ist es von Bedeutung, sich wichtige Eigenschaften des Gutes Büroimmobilie vor Augen zu führen.

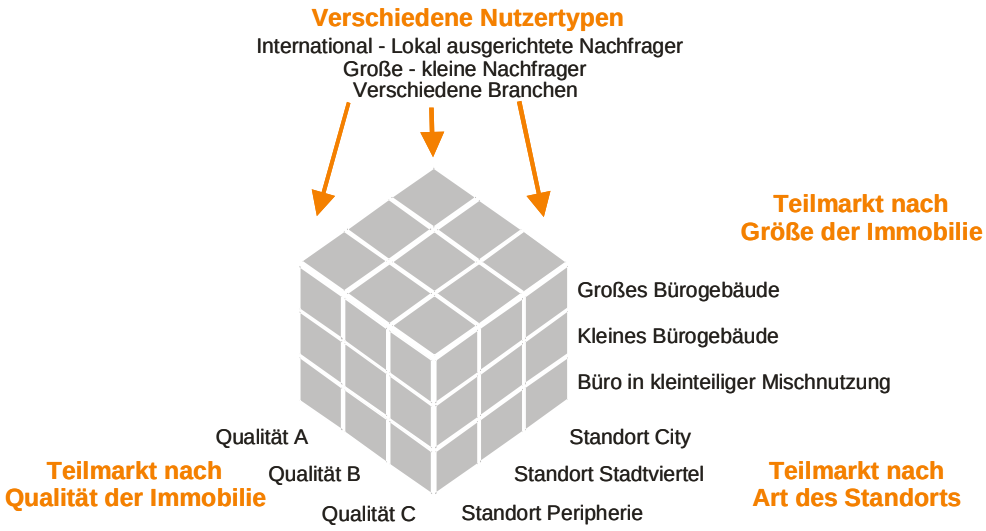
Abb. 7-2: Lebenszyklus von Immobilien. Quelle: NADLER / V. MALOTTKI (2006)



Büroflächen befinden sich in Immobilien. Mit diesem Wort ist bereits die wichtigste Eigenschaft beschrieben, nämlich die Standortgebundenheit des Gebäudes. Damit verknüpft sind die hohen Kosten für die Errichtung einer Immobilie, die lange Bauzeit und die aus diesen beiden Punkten resultierende lange Lebensdauer von Immobilien. Im Laufe des Lebenszyklus (vgl. Abb. 7-2) einer Immobilie muss diese mehrfach durch erneute Investitionen auf den aktuellen Stand gebracht werden. Unterbleiben die Investitionen, so wird die Immobilie unbrauchbar. Zur erneuten Nutzung des Grundstücks muss jedoch erst ein Abriss erfolgen, der wiederum Kosten verursacht. Somit ist die Wiedernutzung von Grundstücken teilweise teurer als die Bebauung von Freiflächen. Im anderen Fall kann aber auch erst die Umnutzung alter Bausubstanz die Erstellung von Büroflächen bei geringem Mietniveau rentabel machen (vgl. DOBBERSTEIN 2004, Folie 29).

Immobilien – insbesondere Büroimmobilien – sind ein heterogenes Gut. Dabei unterscheiden sich die verschiedenen Typen von Büroflächen unter anderem nach Qualität, Lage und Größe der genutzten Fläche selbst und des Gebäudes insgesamt. Die Größe des Gebäudes ist von Bedeutung, da Nutzer mit großem Flächenbedarf die Mitarbeiter an einem Ort integrieren wollen und Nutzer mit kleinem Flächenbedarf – auch wenn sie nur einen Teil des Gebäudes belegen – trotzdem nach außen hin (bspw. an den Schildern am Eingang) individuell gut identifizierbar bleiben möchten. Bei der Lage wird üblicherweise zwischen Makrostandort (Ballungsraum – ländlicher Raum) und Mikrostandort (Stadtzentrum – Peripherie) unterschieden. Die Qualität eines Gebäudes äußert sich einerseits durch Ausstattungsmerkmale (Klimaanlage, Doppelboden, Aufzug u.a.), andererseits durch das Alter. Je nach Kombination dieser Merkmale entstehen unterschiedliche Marktsegmente, die von verschiedenen Nutzern nachgefragt werden. Wichtig ist dabei, dass die Nutzer bei Engpässen in einem Marktsegment durchaus bereit sind, auf ein benachbartes Marktsegment auszuweichen – nicht jedoch auf ein vollständig entgegen gesetztes. Dies lässt sich beispielhaft anhand des "Bürowürfels" (vgl. Abb. 7-3) darstellen. Dabei hat jede Nutzergruppe andere „Zweitpräferenzen“: Die Zentralverwaltung einer Versicherung wird sicherlich eher eine andere Großstadt als Standort wählen als Abstriche bezüglich Mikrolage, Qualität und Größe der Immobilie hinzunehmen. Eine lokal ausgerichtete Steuerberaterkanzlei entscheidet sich hingegen eher zwischen verschiedenen Vierteln einer Stadt.

Abb. 7-3: Der „Bürowürfel“ als Schaubild für die Heterogenität des Gutes Büroimmobilie



Eine Folge der Vielzahl von verschiedenen Teilmärkten ist die Intransparenz des Büroflächeninvestment- und -mietmarktes. Während Bauland durch die trotz planerischer Regelungen immer noch große Flexibilität bezüglich der Nutzbarkeit ein nur leicht heterogenes Gut darstellt und der Baulandmarkt zusätzlich durch die Erfassung der Bodenrichtwerte gut dokumentiert ist, müssen die Büroflächeninvestment- und -mietmärkte weit gehend ohne amtliche Statistik auskommen. Relevante Informationen werden zwar von Maklern gesammelt und teilweise aggregiert veröffentlicht, allerdings fehlt den einzelnen Marktteilnehmern der Überblick über alle Geschäftsvorgänge, deren Details im Regelfall von den Beteiligten geheim gehalten werden.

Büroflächen sind für ihre Nutzer ein Produktionsfaktor. Im Vergleich zu den Personalkosten spielen die Kosten für den Raum, in dem sich das Personal aufhält, eine untergeordnete Rolle. Das Sparpotenzial, welches sich für die Nutzer aus einer effizienten Bürostruktur ergibt, beeinflusst deshalb nur einen geringen Teil der Kostenseite. Gleichzeitig versuchen Büronutzer Umzüge aufgrund der hohen Transaktionskosten zu vermeiden. Deshalb berücksichtigen sie einen gewissen Spielraum bei der Erstellung oder Anmietung von Büroflächen und aktivieren bei der Aufstockung des Personalbestandes zunächst interne Flächenreserven. Eine extensive Nutzung umfangreicher Flächen bringt jedoch keine besonderen Vorteile für das Betriebsergebnis. Deshalb ist die Menge der nachgefragten Büroflächen im Wesentlichen von der Zahl der Beschäftigten und der erwarteten Entwicklung des Betriebs abhängig, weniger vom Preis. Man bezeichnet dies als relative *Inelastizität der Nachfrage*. Steigt der Preis, so weichen die Nachfrager im Zweifelsfall auf andere Marktsegmente aus, reduzieren die nachgefragte Menge aber nur bedingt.[30] Zudem werden Büroimmobilien im Regelfall mit auf fünf oder zehn Jahre vorherbestimmten Mieten abgeschlossen, so dass nur der Teil der Nachfrager mit auslaufenden Mietverträgen durch Preissteigerungen getroffen wird.

Das Angebot an Büroflächen ist kurzfristig nahezu vollkommen unelastisch, da die Zeit bis zur Fertigstellung neuer Gebäude abgewartet werden muss. Allenfalls können Wohnungen umgenutzt werden. Somit steigen bei Angebotsengpässen die Preise. Da der Markt so intransparent ist, reagieren viele Bauträger unabhängig voneinander auf relativ geringe Preissignale, fangen in etwa gleichzeitig an zu bauen und stellen wenige Jahre später auch in etwa gleichzeitig mehr Gebäude fertig als benötigt werden. Wegen der bereits getätigten Investitionen brechen die Bauträger auch nach Bekanntwerden der Konkurrenzprojekte ihr eigenes Vorhaben im Regelfall selten ab. Auf lange Frist besteht also eine *hohe Preiselastizität des Angebots* (vgl. MCDONALD 2002).

Die Kombination aus kurzfristig inelastischem Angebot und inelastischer Nachfrage führt dazu, dass im Falle von Angebotsengpässen die Nutzer auf andere Marktsegmente ausweichen müssen (bspw. an anderen Standorten). Im Falle der häufigeren Angebotsüberschüsse entsteht folgende Reihenfolge der Marktausgleichsmechanismen:

- Kurzfristig entstehen zunächst Leerstände.
- Der Preis kann Ungleichgewichte zwischen Angebot und Nachfrage mittelfristig ausgleichen.
- Eine Angebotsausweitung durch Neubau wirkt erst langfristig (und dann oft stärker als zum Ausgleich nötig wäre).

[30] Dies gilt natürlich nur, wenn der Gesamtmarkt betrachtet wird. Auf der Ebene eines einzelnen Gebäudes ist die Elastizität der Nachfrage aufgrund naher Substitute (andere Gebäude) hoch. Vgl. FREW / JUD (1988).

Diese zeitliche Abfolge führt zur Entstehung der typischen "Schweinezyklen" bei Leerstand und Preisen, für die der Büromietmarkt bekannt ist. Neben den genannten Gründen verstärken auch die Kreditvergabeanforderungen der Banken und psychologische Gründe („Goldgräbermentalität“) die Entstehung von Zyklen (vgl. auch DOBBERSTEIN 2000).

Die Existenz verschiedener Teilmärkte, die unterschiedlichen Reaktionszeiten für Marktgleichgewichte durch Anpassung von Leerständen, Preisen und Neubauvolumen sowie das daraus resultierende Vorhandensein von Zyklen sind die entscheidenden Parameter, die bei einer Modellierung des Büroflächenmarktes beachtet werden müssen.

7.5.3 Überlappungsbereich gemeinsamer Zielsetzungen als Argument für gemeinsame Modellierung

Auch wenn die Zielgrößen aus Perspektive von Stadtplanung und Ökonomie leicht divergieren (was sie auch je nach Blickwinkel der verschiedenen privatwirtschaftlichen Akteure tun), so lassen sich trotzdem große Gemeinsamkeiten finden. Grundsätzlich erlaubt dies, auf einer gemeinsamen Basisanalyse von Angebot und Nachfrage die jeweils spezifischen Fragestellungen aufzubauen.

Die Stadtplanung ist grundsätzlich eher an der Prognose der Nachfrageseite des Marktes (und deren standörtliche Verteilung) interessiert, da sie auf der Angebotsseite nur Flächen bereitstellt, aber nicht selbst baut. Dieses Verhalten wird grundsätzlich marktgesteuert. Eine richtige planerische Steuerung der Flächenausweisung kann allerdings nur dann erfolgen, wenn das Wissen vorhanden ist, wie sich das Verhalten von Anbietern und Nachfragern in Abhängigkeit von der Wahl und Intensität des planerischen Steuerungsinstrumentariums ändert. "*Solange die Städtebaupolitik aufgrund mangelnder Marktinformationen nicht in der Lage ist, die Entwicklung verlässlich zu prognostizieren, wird sie eher falsche oder verspätete Signale setzen."* (V. EINEM / TONNDORF 1990, 163). Eine strikte Trennung der Disziplinen Planung und Immobilienwirtschaft ist deshalb nach Ansicht des Autors in diesem Bereich weder angebracht noch möglich.

Umgekehrt kann in der Praxis einer mittel- bis langfristigen Marktprognose der (stadtplanerische) Bedarf die Funktion eines leichter zu prognostizierenden Schätzers für die tatsächliche Nettoabsorption (und damit für die zentrale Nachfragegröße) übernehmen. Dabei ist jedoch nicht zu vergessen, dass sich die Akteure des Büroflächenmarktes eigentlich für die tatsächliche Entwicklung der Nettoabsorption und nicht für hypothetische Versorgungsstände interessieren.

Aus diesem Grund werden in den Theoriekapiteln 8 und 9 sowohl Modelle planerischer, stadtökonomischer und immobilienökonomischer Provenienz dargestellt. Dabei steht die Eignung für eine tiefe regionale Disaggregation im Vordergrund.

8 Referenzmodelle auf Makroebene

Makroansätze zur Modellierung des Büroflächenbedarfes betrachten eine aggregierte Größe von Büroflächen auf einem Büroflächenmarkt. Im Regelfall ist dies eine Stadt oder ein Ballungsraum.

Im deutschsprachigen Raum liegen insbesondere in der Wohnungsmarktprognose zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten und praxisnahe Modellrechungen vor. Dabei lässt sich das Vorgehen nur bedingt übertragen: Während bei Wohnflächenbedarfsprognosen meist auf der Basis von Haushalten gearbeitet wird, ist die Betrachtungseinheit beim Büroflächenbedarf der einzelne Bürobeschäftigte (also derjenige Beschäftigte, der einen Arbeitsplatz in einer marktfähigen Bürofläche belegt).

In Deutschland veröffentlichte Büroflächenbedarfsprognosen besitzen eher einen planerischen oder geographischen Hintergrund und wurden meist für öffentliche Auftraggeber erstellt. Ökonometrische Modelle, die in der Wohnungsmarktprognose durchaus verbreitet sind (vgl. z.B. Voß 2001; BBR 2001), werden dabei kaum angewandt. Es handelt sich eher um Modellrechungen unter gewissen Annahmen – teilweise auch unter Anwendung der Szenariotechnik. Parallel hat sich jedoch eine ökonomische Forschung entwickelt, die stark vom Investmentmarkt geprägt ist. Die Lücke dazwischen, d.h. die Anwendung ökonometrischer Methoden für verknüpfte flächenbezogen-räumliche und preisbezogene Fragestellungen stützt sich bei bürospezifischer Forschung weitgehend auf angloamerikanische Quellen. Zu unterscheiden ist in der folgenden Darstellung zwischen Gleichgewichtsmodellen (Kapitel 8.1 und 8.2) und Modellen, die auch Marktungleichgewichte bearbeiten (Kapitel 8.3). Gleichgewichtsmodelle gehen vereinfachend davon aus, dass Angebot und Nachfrage zu jedem Zeitpunkt in Übereinstimmung gebracht werden können. Dementsprechend gibt es keinen Leerstand.

8.1 Der bedarfsorientierte Ansatz der Raumplanung

8.1.1 Theorie

Planerische Modellrechnungen setzen implizit stabile Marktgleichgewichte voraus. Dabei wird davon ausgegangen, dass Angebot und Nachfrage auf dem Büroflächenmarkt gleich sind und mittelfristig genau diejenige Menge gebaut wird, die als Bedarf (definiert als hypothetischer Versorgungsstand) auch benötigt wird. Nicht mehr marktfähige Büroflächen werden ebenso wie abgerissene Gebäude aus der Berechnung herausgenommen. Die Fragestellung lautet: Welche Fläche wird wo für die zu erwartenden Nutzer benötigt?

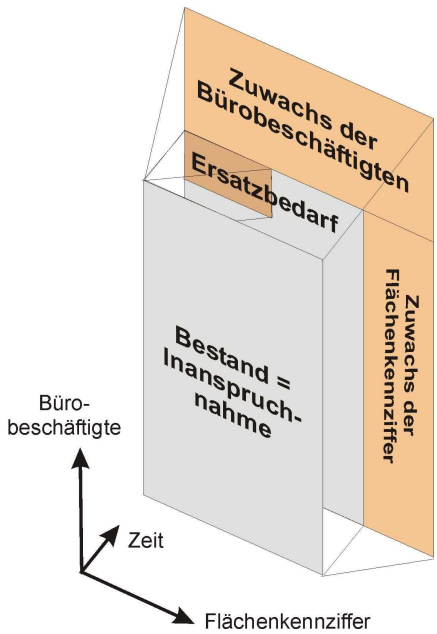


Abb. 8-1: Entstehung von Flächenbedarf. Eigene Darstellung.

Grundsätzlich entsteht Büroflächenbedarf aus drei Gründen:

- Die Zahl der Bürobeschäftigten steigt.
- Die Höhe der von jedem Beschäftigten verbrauchten Flächen (die Flächenkennziffer) steigt.
- Vom Markt genommene Büroflächen erzeugen einen Ersatzbedarf.

Der Bedarf bis zum Zeitpunkt *t+x* errechnet sich dann durch folgende Formel:

(Gl. 8-1) $$BED_{t+x} = BB_{t+x} \cdot FKZ_{t+x} - (BEST_t - \sum_{t+1}^{t+x} ABG)$$

mit BED: Bedarf BB: Bürobeschäftigte FKZ: Flächenkennziffer
ABG: Abgänge (Abriss + struktureller Leerstand) BEST: Flächenbestand
t: aktuelle Periode x: Zahl der Perioden bis zum Prognosehorizont

Veranschaulicht wird die Generierung des Bedarfs aus den genannten drei Quellen in Abb. 8-1.

8.1.2 Empirie

In der Flächennutzungs- und Stadtentwicklungsplanung sind Bedarfsprognosen für die für verschiedene Nutzungen vorzuhaltenden Flächen seit langem Standard. Die Durchführung spezifischer Bürobedarfsrechungen hat sich dabei jedoch nur in einzelnen Städten durchgesetzt. Hauptproblem dabei ist die Tatsache, dass die Planung klassischerweise nicht in den immobilienwirtschaftlichen Gebäudetypologien Wohnen – Büro – Handel – Produktion – Logistik etc. denkt, sondern zunächst nach Gemeinbedarfseinrichtungen (= Daseinsvorsorge) und privatem Gewerbe (= Angebotsplanung) trennt. Dementsprechend wird in Flächennutzungs- oder Stadtentwicklungsplänen der Bedarf für die Büronutzung der öffentlichen Verwaltung getrennt ermittelt vom privaten gewerblichen Bedarf. Dieses Vorgehen wird jedoch der Tatsache nicht gerecht, dass die öffentliche Hand inzwischen auf dem „normalen“ Büromarkt agiert und die wechselnde Flächeninanspruchnahme von öffentlicher Verwaltung und privatwirtschaftlichen Büronutzern im Sinne der Flexibilität positiv zu bewerten ist.

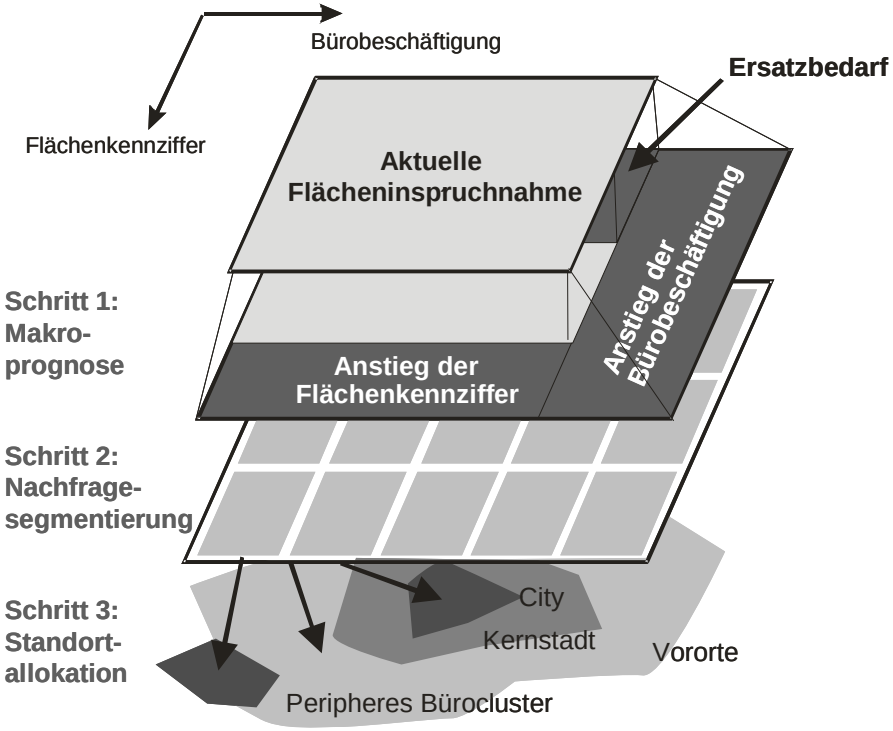
Im gewerblichen Bereich werden in der Planung oft sektorale Flächenbedarfsquoten unabhängig von der Immobilienform durchgeführt (vgl. z.B. STADT KAISERSLAUTERN 1997). Hierzu werden die Beschäftigten nach Wirtschaftssektoren (Maschinenbau, Verkehrsgewerbe) ausgewertet, fortgeschrieben und dann mit angenommenen sektoralen Flächenkennziffern multipliziert. Aussagen über den benötigten Gebäudetyp und die Lage (Innenstadt / Gewerbegebiet) sind dadurch nicht möglich. Alternativ wird anstatt nach Branchen nach räumlichen Bestandseinheiten differenziert. Jede Zone bekommt dabei eine spezifische Verlagerungsquote und eine raumstrukturelle Flächenkennziffer (vgl. BAUER / BONNY 1987, 51 ff.)

Im Gegensatz dazu stehen Methoden, die nach Immobilientypen trennen. Sehr grob macht dies ALBERT SPEER UND PARTNER 2001. Büroimmobilien fallen nach dieser Systematik zusammen unter *weißes Gewerbe*. Von einer Trennung nach weißem und grauem Gewerbe kann allerdings noch keine bürospezifische Entwicklung abgelesen werden, zumal unklar bleibt, wo die Beschäftigten in Handel und Gemeinbedarfseinrichtungen hinzugezählt werden. Angesichts der unterschiedlichen Standortanforderungen von Büro- und Einzelhandelsimmobilien erscheint diese Aggregationsmethode der Immobilientypen wenig geeignet.

Sinnvoll ist hingegen die bürospezifische Abhandlung des Themas in Flächenbedarfsprognosen mit eigenen Bürobeschäftigten und Büro-Flächenkennziffern (vgl. bspw. ARING / HOGREBE / PFEIFFER 1991).

Methodisch ausgereifter, aber mit hohem Aufwand verbunden, sind spezifische Bürobedarfsstudien, die mit verschiedenen Nachfragetypen und Standorttypen arbeiten und jedem Nachfragetyp einen Verteilungsschlüssel auf die verschiedenen Standorttypen zuordnen (vgl. SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND IHK ZU BERLIN 2001 und Abb. 8-2).

Abb. 8-2: Bedarfsprognose nach Marktsegmenten. Eigene Darstellung.



Auf gesamtstaatlicher Ebene wurde das Thema 1990 durch V. EINEM / TONNDORF untersucht. Zahlreiche Arbeiten befassen sich mit einer rein deskriptiven Ex-Post-Standortanalyse von Büroimmobilien, ohne daraus aber Prognosemodule für die Zukunft zu entwickeln (z.B. DE LANGE 1989, der die Konstanz von räumlichen Branchenkonzentrationen – Standortpersistenz – betont, sowie TRUMPP 2005).

Bestand, Neubau und Abriss

Um Daten von Büroflächenbeständen zu gewinnen, sind die in Kapitel 7.4.1 angeführten Definitionen der Bürofläche zu operationalisieren. Eine eindeutige Möglichkeit für *marktfähige* Büroflächen bieten die amtliche Baugenehmigungs- und -fertigstellungsstatistik oder spezielle stadtspezifischer Auswertungen der Baugenehmigungen. Das Problem besteht darin, dass die Statistik Büroflächen erfasst, dabei aber die Gebäude nach dem Schwerpunktprinzip (vgl. STATISTISCHES BUNDESAMT 1978) einer Nutzungskategorie zuteilt, d. h. dass mischgenutzte Gebäude derjenigen Nutzung zugeteilt werden, die von der Fläche her am stärksten vertreten ist. Genauer gesagt wird stufenweise nach der überwiegenden Nutzung zugeteilt:

Als Beispiel wird ein Gebäude mit 35 % Wohnen, 10 % Büros, 25 % Einzelhandelsgeschäften, 10 % Tiefgarage, 10 % Bücherei und 10 % Arztpraxen angeführt. Zunächst wird das Gebäude der Untergruppe Nichtwohngebäude zugeteilt (da die Nicht-Wohnnutzungen mit 65 % dominieren). Nach gleichem Prinzip wird dann die

Klasse „Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude“, die Unterklasse „Handelsgebäude“ und die Bauwerksart „Einzelhandelsgebäude“ gewählt (Vgl. STATISTISCHES BUNDESAMT 1978, 9f.).

ZADELHOFF (1991, 35) schätzt, dass durch die Zuteilung ganzer Gebäude zur dominierenden Nutzung besonders in mischgenutzten Gebäuden (Handel in Erdgeschoss, Büro im ersten Stock, Wohnen im zweiten Stock) eine Unterschätzung der Büroflächen von bis zu 60 % erfolgen kann. Dieser Wert erscheint dem Autor zu hoch, da sich die Zusammenfassung von Handel und Büro zur Untergruppe „Nichtwohngebäude“ positiv auswirken müsste. Allerdings sind die Erfassungskriterien je nach Stadt, die die Daten verwaltet, unterschiedlich. In Verwaltungen, welche die genaue Nutzungsaufteilung der Gebäude stadtweit erfassen, sind genehmigte Büroflächen eine sinnvolle aber aufwändige Kategorie der Analyse. Angesichts der angesprochenen Problematik der unklaren Zuteilung von mischgenutzten Gebäuden können mit vorhanden detaillierten Daten Korrekturfaktoren für mischgenutzte Gebäude ermittelt werden (vgl. für Stuttgart Teil D).[31]

Die aggregierte Baufertigstellungsstatistik erfasst allerdings nicht den eigentlichen Bestand an Büroflächen. Dieser muss rückwirkend auf einen plausiblen Wert festgelegt werden oder anhand eines zu einem bestimmten Zeitpunkt bekannten Wertes kalibriert werden. Die erhobenen Kategorien des Neubaus und des Abrisses dienen dann der Fortschreibung.

Die zweite Möglichkeit der Datengewinnung, welche sowohl für marktfähige als auch für tatsächliche Büroflächen geeignet ist, stellt die klassische Begehung dar (vgl. DE LANGE 1989; KÖHL / JESSEN 2002). Dabei können Klingelschilder und Blicke durch die Fenster Hinweise geben, die bei der Generierung aus Sekundärdaten nicht einfließen können. Angesichts der Abgrenzungsprobleme von Büroflächen ist allerdings nicht davon auszugehen, dass verschiedene Personen anhand der Definition der GIF bei einer Erhebung eines Gebietes zu gleichen Ergebnissen gelangen. Damit sind die Kriterien Objektivität und Reliabilität, welche an wissenschaftliche Methoden zu stellen sind, zumindest beeinträchtigt. Diese Problematik ist neben dem fehlenden Gesamtüberblick einzelner Marktteilnehmer (vgl. KOLWITZ 2004) ein Grund für die für zwischen verschiedenen Büromarktberichten divergierenden Flächenangaben.

FLÜSHÖH / STOTTROP (2005) führten eine Begehung aller tatsächlich genutzten Büroflächen und aller leer stehenden, potenziell als Büro verwendbaren Flächen in Düsseldorf durch. Der Datensatz umfasst 4.757 Gebäude. Die Daten sollen durch die Wirtschaftsförderung Düsseldorf aktuell gehalten werden.

Das Planungsbüro Baasner, Möller & Langwald GmbH führte für die BulwienGesa AG in den letzten Jahren Begehungen in München, Frankfurt und Stuttgart durch. Dabei wurden marktfähige Büroflächen im Sinne der Richtlinien der GIF erhoben (vgl. Kapitel 7.4.1). Die Unterscheidung zwischen tatsächlichen und marktfähigen Büroflächen ist hier aber nicht so relevant, da die Begehung nur Flächen über 500 m² erfasste. Die in kleineren Bürogebäuden enthaltene Fläche wurde pauschal für die ganze Stadt geschätzt. Dadurch ist die Zahl der erfassten Büroobjekte deutlich geringer, bei der aktuellsten Begehung in Stuttgart stehen beispielsweise 2.442 Objekte auf der Liste.

Die Bemühungen der GIF um Abgleich der Umsatz- und Nettoabsorptionszahlen (vgl. Kapitel 8.3.2) könnten idealerweise auch zu einer gemeinsamen Bürobe-

[31] Für eine detaillierte Bewertung der Baugenehmigungsstatistik zur Bestandermittlung siehe auch FLÜSHÖH / STOTTROP (2005).

standsdatenbank führen, welche von allen Maklern gespeist wird. Die Deutsche Immobilien-Datenbank ist für eine Bestandserfassung (bzw. selbst für die Hochrechnung aus der Stichprobe der Erfassten) wegen ihrer Fokussierung auf die Bestandshalter großer Immobilien zumindest derzeit nicht geeignet.

Die virtuelle Desktop-Begehung in 3D-Stadtmodellen oder Schrägluftbildern setzt das Vorhandensein entsprechender Datensätze voraus. Hier können sich in Zukunft neue Ansätze ergeben, allerdings ist dann auch zu klären, nach welchen Kriterien Flächen zu den Büroflächen gezählt werden: Im Falle einer Erhebung potenziell nutzbarer Büroflächen könnten große Objekte manuell „abgesurft" werden. Evtl. können auch Mustererkennungsverfahren auf die digitalen Fassaden angewandt werden. Auch letzteres Verfahren dürfte allerdings die kleinen Büroflächen in mischgenutzten Gebäuden außen vor lassen. Im Falle der Erhebung der kleinteiligen potenziellen und der tatsächlich genutzten Büroflächen sind gerade die Hinweise der Klingelschilder von großer Bedeutung, so dass diese nur durch wirklich vollständige Firmendatenbanken ersetzt werden können.

Für die Messung der Flächengröße im Gebäude selbst sind verschiedene Maße möglich (vgl. FLÜSHÖH / STOTTROP 2005, 49):

- die *Brutto-Grundfläche* nach DIN 277 (1987) setzt sich zusammen aus Konstruktions-Grundfläche plus Netto-Grundfläche. Letztere wiederum ist gegliedert in Verkehrsfläche, Funktionsfläche, Hauptnutzfläche und Nebennutzfläche. In der Praxis wird oft die Brutto-Grundfläche gemeint und Bruttogeschossfläche gesagt.

- Die Baunutzungsverordnung führt die Größe der *Geschossfläche* ein. Sie wird mit GF abgekürzt. Hinter ihr verbirgt sich jedoch nicht genau dasselbe wie hinter der Brutto-Grundfläche: im Standardfall (§ 20 III BauNVO) zählt nur die Fläche in Vollgeschossen zur GF. Der Bebauungsplan kann festsetzen, dass auch Flächen außerhalb der Vollgeschosse hinzuzählen – er muss es aber nicht. Gleiches gilt für Balkone, Loggien, Terrassen und anderes, die bei der Brutto-Grundfläche definitiv nicht mitzählen. Somit kann die Geschossfläche sowohl größer als auch kleiner als die Brutto-Grundfläche sein.

- Die GIF schlägt das Vorgehen der „Richtlinie zur Berechnung der *Mietfläche für gewerblichen Raum* (MF-G)" vor. Diese basiert auf den Flächendefinitionen der DIN 277 „Grundflächen und Rauminhalte von Bauflächen im Hochbau". Hier sind Konstruktionsgrundflächen, Verkehrsflächen und technische Funktionsflächen nicht berücksichtigt. Der Umrechnungsfaktor zwischen den Größen ist gebäudeabhängig. In der Praxis der GIF hat sich ein Wert von 100 m² BGF entspricht 82 m² MF-G eingebürgert.

In der Realität der Marktberichterstattung werden Flächenangaben teilweise in Mietfläche und teilweise in Brutto-Grund- bzw. Bruttogeschossfläche gerechnet. Begehungen in Verknüpfungen mit digitalen Katasterplänen und Stockwerksangaben führen automatisch zu Geschossflächen.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Quantifizierung von Bestand und Inanspruchnahme bei der empirischen Anwendung der Modelle die eine große Schwachstelle ist, da diese Größe nur schwer anhand von Stichproben bestimmt werden kann. Auch die Marktberichte der Makler müssen bei Bestandsdaten letztlich auf diese Statistiken zurückgreifen, die Stromgrößen „Neubau" und „Abriss" lassen sich auch nur bedingt durch die eigene Marktbeobachtung quantifizieren.

Bürobeschäftigung

Angloamerikanische Modelle arbeiten hier mit Näherungswerten oder konstruieren ihre Regressionsgleichungen mit korrelierten Parametern (wie Beschäftigtenzahlen in den FIRE-Sektoren – *finance, insurance, real estate*). Die sicherlich vorhandenen Abweichungen zwischen Bürobeschäftigten und FIRE-Beschäftigten gehen dann in den statistischen Störterm ein. Etwas besser ist die Verwendung detaillierter Sektorenlisten, in denen der Prozentsatz der Bürobeschäftigten an allen Beschäftigten des Sektors durch Annahme einer Quote geschätzt wird (SHILTON / WEBB 1992). Regionale Studien arbeiten mit sektorspezifischen Quoten, die bspw. durch den Abgleich einer Arbeitsstättenzählung mit einer Bürogebäudedatei gewonnen werden können (vgl. HOWLAND / WESSEL 1994).

In Deutschland ist die Datenlage aufgrund der Meldeverfahren zur Sozialversicherung wesentlich besser. Analog zu SHILTON / WEBB (1992) arbeiteten ARING / HOGREBE / PFEIFFER (1991) mit sektoralen Quoten, die sie aus der Tätigkeitsstatistik des Mikrozensus ableiteten.

DOBBERSTEIN (1997) erhob ebenfalls anhand einer Auswertung des Mikrozensus Bürobeschäftigtenquoten auf der genaueren Ebene der Berufsordnungen der Bundesanstalt für Arbeit (insgesamt gibt es mehrere hundert Berufsordnungen). Das Verfahren Beschäftigte mal Büroquote funktioniert jedoch nur für sozialversicherungspflichtig Beschäftigte (ca. 70 % der Beschäftigten), Selbständige und Beamte müssen mit pauschalen Quoten geschätzt werden. DOBBERSTEIN argumentiert nachvollziehbarerweise, dass die berufsspezifischen Quoten weniger als die sektoralen Quoten dem Wandel der Arbeitswelt unterliegen. Ihr Verfahren hat sich inzwischen zum Quasi-Standard im deutschen Immobilienresearch entwickelt. Dessen Anwendbarkeit reicht normalerweise bis auf die Ebene der Gemeinden. Allerdings können Probleme auftauchen, wenn ein Arbeitgeber seine Beschäftigten aus mehreren Gemeinden zentral in einer Niederlassung anmeldet.

Unterhalb der Gemeindeebene und erst recht auf der Ebene des einzelnen Betriebs ergeben sich Probleme. Sowohl die Gewerbemeldedatenbank der IHK als auch die Betriebsdatei der Bundesanstalt für Arbeit (Betriebe mit sozialversicherungspflichtig Beschäftigten) erfassen prinzipiell keine Teilstandorte, sondern führen eine Adresse pro Stadt an. Bei der IHK ist dieses Problem etwas geringer, da hier zumindest einzelne Filialen (bspw. von Banken) erfasst sind. Die Statistik der Bundesanstalt für Arbeit aggregiert noch stärker, verfügt über sehr restriktive Datenschutzanforderungen, hat dafür aber zuverlässige Daten über die Beschäftigung. Bei der IHK lassen letztere zu wünschen übrig. IHK-Daten bilden zudem nur das Segment der Gewerbebetriebe (ohne Freiberufler und Handwerker) ab. Für einen Vergleich möglicher Datenquellen von Betrieben (und ihren Beschäftigten) siehe auch VAN ELKAN (1998, 95). Private Quellen (Adressdatenanbieter) sind meist wenig brauchbar, da sie die Daten tatsächlich unternehmensweise vorhalten, über wenige Informationen bzgl. Beschäftigtengrößenklassen verfügen und sehr teuer sind.

Flächenkennziffer

Die Flächenkennziffer entspricht dem planerischen Konzept des Richtwertes. SCHÖNING / BORCHARD (1992) geben diesen mit 33 m² BGF pro Bürobeschäftigtem an. Ein starrer Richtwert verkennt jedoch, dass gerade seine Steigerung großen Anteil am Steigen des Bedarfs hat und in den Siebziger und Achtziger Jahren auch nachweislich hatte (vgl. V. EINEM / TONNDORF 1990).

Durch ihre langfristigen Einflüsse auf den Bedarf gewinnt die Flächenkennziffer eine hohe Bedeutung als Eingangsparameter für Prognosen. Leider wird die methodische Ausgestaltung der Forschung dieser Bedeutung nicht gerecht. Sinnvoll zu erheben sind Flächenkennziffern nur durch empirische Umfragen, die Makler auch teilweise unter ihren Kunden durchführen. Die Differenzierung der Auswertungen nach Nutzer- und Standorttypen lässt allerdings stark zu wünschen übrig. Als wissenschaftliche Veröffentlichung sind HAAKFOORT / LIE (1996) zu nennen, die einen Vergleich der Flächenkennziffern in verschiedene Büroflächenmetropolen über die Kontinente hinweg durchführen. Dabei weisen sie auch den Zusammenhang zwischen hohen Preisen und niedrigeren Flächenkennziffern nach, dies betrifft v.a. teure Metropolen wie New York oder Tokio.

Bedingt durch die Zunahme der Technisierung und durch Trends wie *desk sharing* (weniger Schreibtische als Mitarbeiter) wird immer wieder von einer Umkehr des Trends gesprochen. Ein Verweis auf die in London oder New York deutlich niedrigeren Flächenkennziffern ist angesichts der Ergebnisse von HAAKFOORT / LIE (1996) allerdings wohl kein ausreichendes Argument.

8.1.3 Wertung und Ausblick

Der Vorteil der rein flächenbezogenen Modellierung der zukünftigen Inanspruchnahme aus Beschäftigung und Flächenkennziffer besteht darin, dass sich alle zukünftigen Entwicklungen im Modell abbilden lassen. Ein Zukunftstrend hat entweder Einfluss auf einen der Faktoren oder er ist für die quantitative (nicht aber die standörtliche) Entwicklung des Büroflächenbedarfes nicht ausschlaggebend.

Rein flächenbezogen bedeutet in diesem Zusammenhang, dass Preise nicht berücksichtigt werden. Sinken diese (bspw. durch die Zunahme von Leerständen), so müsste theoretisch auch die Flächenkennziffer steigen. Dies ist nicht berücksichtigt.

Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass sich Änderungen bei Beschäftigtenzahl und Flächenkennziffer nur schwer quantitativ abschätzen lassen. Während bei der Schätzung der Bürobeschäftigung noch auf Arbeitsmarktprognosen zurückgegriffen werden kann, beruht die Fortschreibung der Flächenkennziffer auf Annahmen. Dabei ändern sich die beiden Größen im Zeitablauf auf verschiedene Art und Weise:

- Durch längerfristige kontinuierliche Entwicklungen: Z.B. sorgte die Tertiärisierung bisher für eine Steigerung, der demographische Wandel zukünftig wohl für ein Absinken der Bürobeschäftigten.[32]
- Durch die zyklische Entwicklung auf dem Büroflächenmarkt: Z.B. schwankt die Flächenkennziffer in Abhängigkeit von der Marktlage – sie steigt bei schlechter Konjunktur, da dann die Betriebe entlassen, aber nach wie vor Mieter ihrer Büroflächen bleiben.

Die in der Realität stattfindende Überlagerung beider Entwicklungen ist schwierig zu bewerkstelligen.

Hinzu kommt das Problem der Marktsegmentierung: Wie sich ein insgesamt negativer Bedarf dennoch auf einen vielleicht positiven Flächenbedarf im Teilsegment Neubau oder *refurbishment* auswirkt, ist weitestgehend unerforscht, zumal die Zahl der Städte mit bereits jetzt (d.h. vor dem bevorstehenden demographischen Wandel) zurückgehenden Bürobeschäftigtenzahlen noch gering ist (ein Beispiel ist Ludwigshafen).

[32] Für einen Überblick über die Trends und ihre Einflussfaktoren siehe v. MALOTTKI (2003).

In der Praxis ist die Bedarfsformel v. a. dann sinnvoll einzusetzen, wenn Zukunftsentwicklungen zyklenbereinigt (d.h. mittel- bis langfristig) prognostiziert werden. Zyklische Schwankungen könnte sie nur sinnvoll modellieren, wenn die Einflüsse der Marktschwankungen bekannt wären. Dies ist zumindest bei der Flächenkennziffer nicht der Fall. Aber auch langfristig ist die Flächenkennziffer eine Problemgröße, zu der kaum Zukunftsschätzungen möglich sind.

Grad der regionalen Disaggregation

In der Stadtplanung finden Büromarktstudien v. a. im Rahmen der allgemeinen Stadtentwicklungsplanung oder in der früheren Phase der Aufstellung eines Flächennutzungsplanes statt. Dadurch ist die Betrachtungseinheit durch die kommunalen Grenzen klar umrissen. Einzelne Makler (zum Bsp. Atisreal) verwenden für Ihre Untersuchungen hingegen weiter gefasste Abgrenzungen, die dann auch typische Bürovororte wie Eschborn oder Leinfelden-Echterdingen umfassen. Die GIF (2004) bemüht sich um eine Standardisierung der Marktberichte, indem als räumlicher Untersuchungsumfang die kommunalen Grenzen gefordert werden und weitere Untersuchungsräume als Zusatzleistung freigestellt werden.

Je nach Untersuchung wird auch die Segmentierung des Marktes behandelt. Dabei wird im Regelfall der gesamtstädtisch errechnete Bedarf mittels Datensätzen zur Standortwahl aus der Vergangenheit oder Plausibilitätsannahmen auf verschiedene Unternehmenstypen, Mikrostandorte oder Gebäudetypen aufgespaltet (vgl. z.B. SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG BERLIN 2001). Angesichts der Problematik der nach Marktsegmenten unterschiedlichen Angebots-, Nachfrage- und Leerstandssituation sind diese tief disaggregierten Regionalisierungen von entscheidendem Nutzen für Projektentwickler, Investoren und auch die öffentliche Hand, da diese Akteure ihre Entscheidungen immer über konkrete Objekte an konkreten Standorten treffen müssen. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass auch in kleineren Städten die Marktsegmentierung zwischen überalterten Bürogebäuden in zentralen Lagen und Gewerbeparks mit Büroanteil zunimmt und somit Leerstände und Engpässe durchaus parallel existieren können, erscheint eine gesamtstädtische Modellierung des Büroflächenbedarfs nicht mehr ausreichend.

Einbindung von GIS-Systemen

GIS-Systeme sind insbesondere beim oben genannten Kartierungsansatz zur Bestandsermittlung unentbehrlich. Möglich ist auch ein GIS-gestütztes Monitoring von Standortentscheidungen. Da eine Kartierung für eine einmalige Bestandsermittlung zu aufwändig ist, sollte eine Fortschreibung der Daten angestrebt werden. Es bleibt zu hoffen, dass bspw. im Anschluss an das Projekt von FLÜSHÖH / STOTTROP 2005 dies die Wirtschaftsförderung übernimmt.

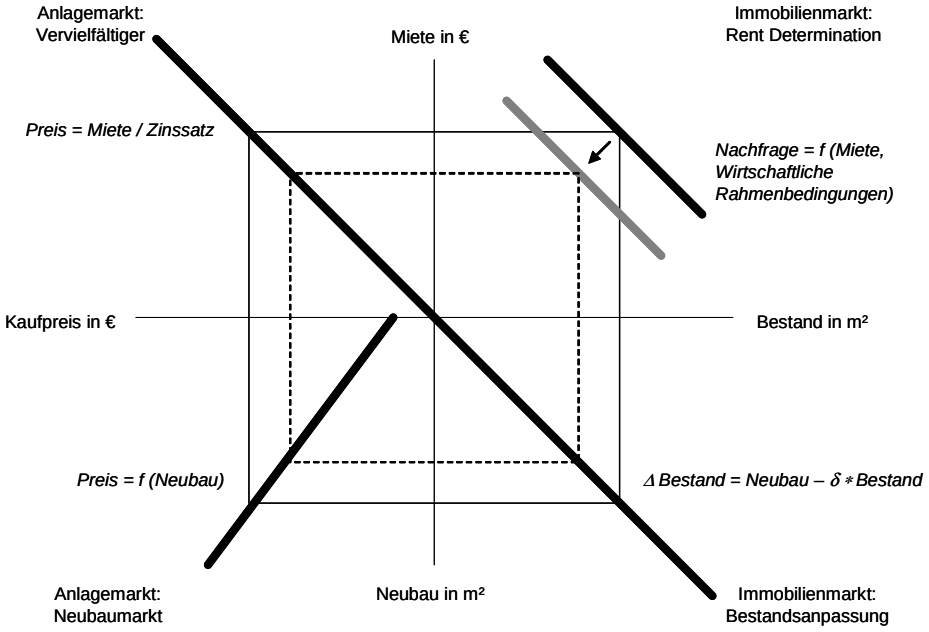
Die Investment Property Databank (IPD) hat sämtliche Mietverträge mit Adresse und Georeferenz versehen, so dass für lizensierte Kunden Abfragen in einem Web-GIS möglich sind. Hier kann beispielsweise eine eigene Polygonauswahl abgegrenzt werden, innerhalb derer dann aggregiert wird. Aus Gründen des Schutzes von Firmengeheimnisse besteht eine Mindestanforderung an Datensätzen, die aggregiert werden müssen.

8.2 Modellierung der ökonomischen Einflüsse – das Gleichgewichtsmodell von DI PASQUALE / WHEATON (1996)

8.2.1 Theorie

Neben den impliziten Gleichgewichtsmodellen in der deutschen Flächenprognose (siehe Kapitel 8.1) ist auf angloamerikanischer Seite v.a. das Grundmodell von DI PASQUALE / WHEATON 1996 zu erwähnen. Dieses Grundmodell hat dabei eher die Funktion eines einleitenden Kapitels im genannten Lehrbuch – zur tatsächlichen empirischen Überprüfung werden danach komplexere Modelle herangezogen. Wesentliche Aussage ist die Verknüpfung von Kapital- und Immobilienmarkt. In ähnlicher Form findet sich diese Aussage in FISHER 1992.

Abb. 8-3: Gleichgewichtsmodell nach DI PASQUALE / WHEATON (1996)



Ohne die Existenz von Leerstand würde sich der Markt bei kurzfristig fixem Angebot vollständig über den Preis ausgleichen. Hohe (niedrige) Mieten sorgen bei Zinsen, die durch den Kapitalmarkt vorgegeben sind, für steigende (fallende) Kaufpreise, die wiederum bei gleich bleibenden Baukosten für geringen (höheren) Neubau sorgen. Zusammen mit dem Ausscheiden von überalterten Büroflächen aus dem Markt pendelt sich ein neues Gleichgewicht ein. In Neben den impliziten Gleichgewichtsmodellen in der deutschen Flächenprognose (siehe Kapitel 8.1) ist auf angloamerikanischer Seite v.a. das Grundmodell von DI PASQUALE / WHEATON 1996 zu erwähnen. Dieses Grundmodell hat dabei eher die Funktion eines einleitenden Kapitels im genannten Lehrbuch – zur tatsächlichen empirischen Überprüfung werden danach komplexere Modelle herangezogen. Wesentliche Aussage ist die Verknüpfung von Kapital- und Immobilienmarkt. In ähnlicher Form findet sich diese Aussage in FISHER 1992.

Abb. 8-3 wurde als Beispiel die Marktentwicklung im Falle eines demographiebedingten Rückganges der Bürobeschäftigten skizziert, hierdurch bewegt sich die Nachfragekurve und das Gleichgewichtsquadrat nach innen. Die Kurven der anderen Quadranten werden durch Zins- oder Baukostenänderungen verschoben (vgl. DI PASQUALE / WHEATON 1996, 8 ff.)

8.2.2 Wertung und Ausblick

Dieses Grundlagenmodell zeigt nachvollziehbar die wichtigsten Abhängigkeiten und Relationen zwischen Preis und Menge auf dem Immobilienmarkt auf. Wichtig ist dabei v.a. die Verknüpfung zum Arbeitsmarkt sowie zum Kapitalmarkt. Dabei vereinfacht es jedoch an einigen Stellen so stark, dass eine empirische Überprüfung quasi nicht möglich ist. Hauptkritikpunkt ist dabei das komplette Fehlen von Büroleerständen. Der Ausgleich zwischen Angebot und Nachfrage kann im dargestellten Modell zu jedem Zeitpunkt vollständig über den Preis erfolgen. Gerade auf dem Büroflächenmarkt ist dies aufgrund der Zyklizität des Marktes (vgl. Kapitel 7.5.2) eine völlig irreale Annahme.

Allerdings bleibt bei langfristiger (d.h. zyklenübergreifender) Betrachtung die Leerstandquote relativ konstant, da sich Angebotsüberhänge im Laufe der Zeit abbauen bzw. zu einem Ausscheiden nicht mehr marktfähiger Büroflächen aus dem Markt führen. Wichtige Zukunftstrends können somit ohne Rücksicht auf komplexe Zyklenmodellierungen abgeleitet werden.

8.3 Längsschnittmodelle des Büroflächenmarktes – das Modell von ROSEN (1984) und seine Erweiterungen

Während die bisher vorgestellten Modelle rein statisch sind oder ihren Blick in die Zukunft mit der einfachen Annahme von Parametern wagen, hat sich angesichts der Erfahrungen mit hohen Leerständen und extremen zyklischen Ausprägungen des Marktes in den letzten Jahren ein Modellierungszweig herausgebildet, der dynamische Modelle entwickelt hat und diese mit ökonometrischen Methoden schätzt. Die Forschung findet im Wesentlichen in der Ökonomie statt. Entsprechend der dortigen Fragestellungen, die vor allem an Investmentmarkt orientiert sind, liegt der Schwerpunkt auf eher kurzfristigen Modellen, die vor allem das Phänomen der Zyklen analysieren und vorhersagen sollen. Dabei gehen die Forschungsaktivitäten nur sehr teilweise von den Hochschulen aus. Eine große Rolle spielen die Research-Abteilungen der Makler, Banken und Investmentgesellschaften. Nicht alle Erkenntnisse in diesem Bereich werden publiziert.

8.3.1 Theorie

Zur Analyse zeitlicher Marktschwankungen sind dynamische Modelle erforderlich. Allerdings ist der zeitliche Horizont meist auf die Länge eines Zyklus beschränkt – im Regelfall sogar eher kürzer,[33] da die interessanteste Fragestellung diejenige nach den Wendepunkten des Zyklus ist. Die Fokussierung auf die Bestimmungsgründe für die zyklische Bewegung hat jedoch zur Folge, dass viele Modelle nicht oder nur schwer in der Lage sind, zyklenbereinigte Trends zu erfassen. Somit kommt eine Fortschreibung der Zyklenmodelle über Zeiträume von 20 Jahren und mehr im schlechten Fall zu einer linearen Entwicklung, im besseren zu regelmäßigen Zyklen, die mit immer gleicher Dauer und Varianz um einen linearen Trend oszillieren (vgl. HENDERSHOTT / LIZIERI / MATYSAK 1999 in einer Langfristprojektion bis 2050).

In die dynamischen Modelle wird die Zeit miteinbezogen, die der Markt benötigt, um sich an gewisse Gegebenheiten, Veränderungen oder Schocks anzupassen. Im

[33] Der Modellvergleich von MCCLURE 1991 vergleicht z.B. die vorhergesagte Entwicklung von zwei Jahren (1988/1989) mit der tatsächlichen Entwicklung.

Folgenden sollen nun die in den vergangenen 20 Jahren veröffentlichten Modelle abgeglichen und zusammengefasst werden (vgl. hierzu auch MCDONALD 2002).

Das Basismodell

Der wesentliche Anstoß kam 1984 von ROSEN, der die bis heute angewandte Grundstruktur der Marktmodelle skizzierte. Nachfrageseitig arbeitet das Modell mit drei zentralen Gleichungen, die unter Auslassung der Preisbereinigung und übersetzt in die deutsche Terminologie der Gesellschaft für immobilienwirtschaftliche Forschung[34] folgende Zusammenhänge abbilden und einer ökonometrischen Schätzung zugänglich machen:

(Gl. 8-2) $IASPR_{t+1} = f(BB_t; M_t)$

mit IASPR = Flächeninanspruchnahme in m²
BB = Zahl der Bürobeschäftigten; M = Miete in €
t = aktuelle Periode; t+1 = Folgeperiode

(Gl. 8-3) $M_t = f(leer_t - natleer_t)$

wobei leer = Leerstandsquote in %, natleer = Natürliche Leerstandsquote in %

(Gl. 8-4) $leer_t = (BEST_t - IASPR_t) / BEST_t$

mit BEST = Bestand in m²

(Gl. 8-2) kann alternativ mit der Nettoabsorption (also der Stromgröße) statt der gesamten Inanspruchnahme (der Bestandsgröße) geschätzt werden. In diesem Mehrgleichungsmodell befindet sich der Sprung von einer Periode zur nächsten in (Gl. 8-2). Alternativ kann man sich ihn auch in (Gl. 8-3) vorstellen.[35]

Ergänzt wird ROSENS (1984) Modell um eine Arbeitsmarktgleichung, welche die Bürobeschäftigung aus wirtschaftlichen Rahmendaten (Arbeitsmarkt) schätzt. Angebotsseitig wird die optimale Leerstandsrate aus Zinshöhe und erwarteten Mieten hergeleitet und die Bestandsveränderung (Neubau minus Abbruch) aus Baukosten, Leerstandsraten, erwarteten Mieten, Steuern und Zinsen geschätzt (Neubau-, Bauland- und Kapitalmarkt). Bürobeschäftigung und Neubau können jedoch auch exogen vorgegeben werden, MCDONALD 2002 bezeichnet dies sogar als typisch. Damit ist der oben dargestellten Verknüpfung der beteiligten Märkte genüge getan.

HEKMAN (1985) reduziert das Modell auf zwei Gleichungen, welche die Miete aus nachfrageseitigen Faktoren (und der Leerstandsrate) schätzen und danach anhand gegebener Miete auf das Volumen der Baugenehmigungen kommen. Neu ist die Einbeziehung des nationalen Wirtschaftswachstums. Die Umrechung der Baugenehmigungen in die Leerstandsrate der Folgeperiode wird dabei weggelassen. Das Modell ähnelt im Prinzip aber (Gl. 8-3). Der Fokus der empirischen Untersuchung liegt dabei auf der Berechnung von Elastizitäten und ist stadtübergreifend angelegt. Nach Größe und Wirtschaftswachstum geclusterte Stadttypen werden ebenso gesondert berechnet wie Innenstädte und suburbane Büroagglomerationen, deren Leerstandsraten äußerst unterschiedlich sind.

Wesentliches Verdienst der Modelle von ROSEN (1984) und HEKMAN (1985) ist die Einbeziehung des Leerstandes in die Modellierung, da dieser sich schneller an die Marktlage anpasst als die Miete und das Neubaugeschehen. Insgesamt unter-

[34] Hier wird der englische Begriff des *office stock* mit Bestand gleichgesetzt, *occupied stock* mit Inanspruchnahme

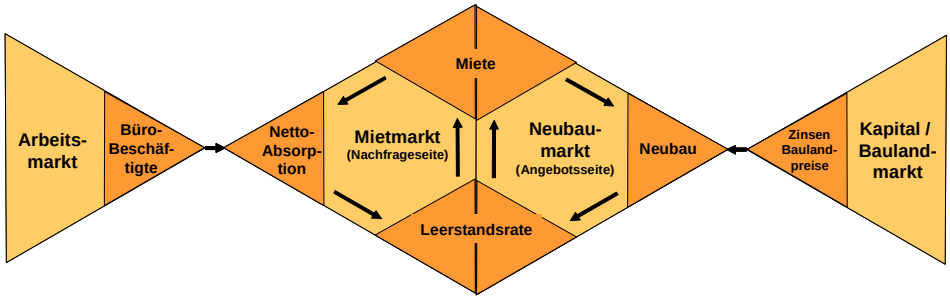
[35] Dabei würde dann die Inanspruchnahme durch die Bürobeschäftigung und die Miete der gleichen Periode erklärt und die Miete durch die Leerstandparameter der Vorperiode (vgl. z. B. FÜRST 2006, Gleichungen 1.3 und 4.3)

scheiden sich die Modelle nur in einzelnen Bestandteilen. Dies lädt dazu ein, sie vergleichsweise zu testen. Eine entsprechende Untersuchung nahm McCLURE (1991) vor, indem er die Modelle von ROSEN, HEKMAN und WHEATON anhand einer Zeitreihenanalyse die Jahre 1988 und 1989 schätzen ließ und der realen Entwicklung gegenüberstellte.

Die Mittelfristigkeit des Modellierungshorizontes wird offensichtlich, wenn man die (Gl. 8-2) betrachtet. Die Fläche pro Beschäftigtem (Flächenkennziffer) wird neben einer Konstante durch den Preis determiniert. Demnach steigt bei fallenden Mieten und gleichbleibenden Bürobeschäftigten die Flächeninanspruchnahme durch großzügigere Anmietungen. Zwei Tatsachen werden dabei ignoriert (zur Anpassungsreihenfolge des Marktes vgl. FISHER 1992; 168):

- Ein Anstieg der Bürobeschäftigten bedeutet kurzfristig noch keine Zunahme der Inanspruchnahme, es wird zunächst vielfach die Flächenkennziffer reduziert und erst bei nachhaltigem Wachstum mit Verspätung zusätzlich angemietet. Durch den Zeitsprung in (Gl. 8-2) kann dies jedoch zumindest zum Teil als berücksichtigt gelten.
- Die Gleichung geht davon aus, dass die Flächeninanspruchnahme langfristig eine stabile Größe ist und nicht durch technischen Fortschritt, veränderte Arbeitsmarktsituationen und andere Zukunftstrends verändert werden kann, sondern nur durch den Preis.

Abb. 8-4: *Zusammenspiel der verschiedenen Büromärkte*



Zeitliche Verzögerungen auf der Nachfrageseite

Eine wesentliche Verbesserung, die bspw. in POLLAKOWSKI / WACHTER / LYNFORD (1992) oder DI PASQUALE / WHEATON (1996) modelliert wird, ist die verlangsamte Anpassung der Inanspruchnahme an die Erfordernisse der Beschäftigung. Der im Englischen *stock adjustment* genannte Prozess lässt sich am besten über den deutschen Begriff des Bedarfs erklären. Es ist davon auszugehen, dass die Anpassung der zusätzlichen Inanspruchnahme an einen Bedarf in der Regel einige Zeit braucht. In der Praxis lässt sich dies v.a. durch die Laufzeit der Mietverträge begründen, so dass Umzugsentscheidungen erst bei Mietvertragsende getroffen werden und dann tatsächlich die Flächeninanspruchnahme verändern. Dabei sind die Umzugskosten ein zusätzliches Hindernis. Zusätzliche Anmietungen werden im Regelfall erst dann getroffen, wenn der Beschäftigtenzuwachs eines Betriebs wirklich signifikant ist.

Die Größe aktuelle Inspruchnahme plus Bedarf wird von MACDONALD 2002 als *desired demand,* von DI PASQUALE / WHEATON (1996) als *potential office space demand* und von FÜRST (2006) als *hypothetical level of occupied space* bezeichnet. Die GIF (2004, 4) spricht nur am Rande von der Summe von Inanspruchnahme und Bedarf als einem „zu definierenden Versorgungsstand“. Diese Größe kann als Analogon zu den genannten englischen Begriffen gesehen werden. Mangels ein-

geführten deutschen Begriffs wird sie im Folgenden als *bedarfsgerechte Inanspruchnahme* bezeichnet.

Der wesentliche Unterschied zwischen ökonometrischen und der planerischen Herangehensweise (und dem Bedarfsbegriff) liegt darin, dass die *desired demand* auch durch Preise beeinflusst wird. Höhere Preise implizieren niedrigeren Bedarf. Der Markt orientiert sich somit an der *desired demand*, erreicht sie faktisch aber nie, da sich die zwischenzeitlichen Veränderungen bei Preisen, Bürobeschäftigten und Flächenkennziffer wiederum auf die bedarfsgerechte Inanspruchnahme auswirken. Die planerische Bedarfsrechnung kommt, wie dargestellt, ohne Preise aus. Auch der von der GIF (2004, 4) gewählte Begriff des „zu definierenden Versorgungsstandes" impliziert keine Abhängigkeit der Nachfrage vom Preisniveau.

Übersetzt in die deutsche Terminologie lautet die Gleichung von DI PASQUALE / WHEATON (1996; 298) dann:

(Gl. 8-5) $NABS_t = \tau(IASPR^*_t - IASPR_{t-1}) = \tau BED_t$

mit τ=Anpassungsrate; $0 < \tau < 1$; $IASPR^*_t$=bedarfsgerechte Inanspruchnahme

Die Frage nach dem Bedarf ähnelt den Problemen, denen sich planerische Bedarfsberechnungen widmen (siehe Kapitel 8.1). Im Falle von DI PASQUALE / WHEATON (1996, 298) wird die Gleichung wie folgt geschätzt:

(Gl. 8-6) $BED_t = (BB_t * FKZ_t) - BEST_t$

mit FKZ_t= Flächenkennziffer, d.h. die Fläche in m² pro Bürobeschäftigtem

Die Modellierung der Flächenkennziffer erfolgt dabei über die Miete und die Veränderungsrate des Beschäftigungswachstums. Sie soll das Wachstum (und somit den zukünftigen Bedarf der Firmen) ausdrücken. Korrekter wären hier natürlich Erwartungswerte, die aber empirisch nur mit großem Aufwand zu bestimmen wären. Wie bei ROSEN (1984) ist hier ebenfalls nicht berücksichtigt, dass die Flächenkennziffer längerfristig nicht nur durch Preise und die antizipierte Nachfrage zusätzlicher Beschäftigter bedingt ist, sondern auch durch allgemeine zeitlich veränderbare Konsumstandards.

(Gl. 8-7) $$FKZ_t = f\left(\frac{BB_t - BB_{t-1}}{BB_t}; M_t\right)$$

Die zu schätzende Funktion lautet dann:

(Gl. 8-8) $$NABS_t = \alpha_0 + \alpha_1\tau \cdot BB_t + \alpha_2\tau \cdot \frac{BB_t - BB_{t-1}}{BB_t} + \alpha_3\tau \cdot M_t - \tau \cdot BED_t$$

Diese Gleichung ermöglicht die Schätzung von τ allein (als Koeffizient vor dem Bedarf) sowie (nach Division durch den dann bekannten Wert für τ) die aller anderen Koeffizienten. Die Gleichung wird von DI PASQUALE / WHEATON (1996, 298 und 303) für San Francisco geschätzt.

Zeitliche Verzögerungen auf der Angebotsseite

Die zweite wesentliche Verbesserung, die zur Modellierung von Büromietmärkten eingeführt werden kann, betrifft die vom Kapitalmarkt erwarteten Mieten und steuerlichen Verzerrungen[36] abhängige Angebotsseite (aus europäischer Perspektive

[36] Ein Beispiel für die Schaffung eines großen Angebots an der Nachfrage vorbei ist der durch steuerliche Vorteile im Rahmen der Wiedervereinigung entstandene Büroflächenüberhang in Leipzig und Dresden.

wären noch planerische Regelungen hinzuzufügen). Die Angebotsseite ist in der Praxis dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Bauentscheidung und der Fertigstellung eine Zeitspanne von einigen Jahren besteht und die Anbieter der Flächen somit den zukünftigen Bedarf schätzen müssen.

Bei ROSEN (1984) war dieses *time lag* nicht explizit erwähnt, de facto funktioniert sein Modell aber genauso:

(Gl. 8-9) $NEUB_t = f\,(\,leer_{t\text{-}lag};\, E_{t\text{-}lag}\,(M_t);\, BAUKO_{t\text{-}lag};\, ZINS_{t\text{-}lag};\, STEU_{t\text{-}lag})$

mit E(M) = Erwartungswert der Miete; BAUKO = Baukosten in / m²
ZINS = Zinshöhe; STEU = Steuerliche Faktoren

Interessant ist bei dieser Gleichung, dass im Gegensatz zur Modellierung der Nachfrageseite hier nur Quellen mit Modellierung der Stromgröße *NEUB* zu finden sind – und keine mit Modellierung der Bestandsgröße *BEST*. Eine Begründung hierfür liefert weder ROSEN (1984) noch andere Autoren.

DI PASQUALE / WHEATON (1996, 305) machen sich Gedanken über die Dauer des Intervalls, welches sie in einem Rechenbeispiel mit vier Jahren angeben. KUMMEROW (1999) simuliert verschiedene Intervalllängen, das RICS-Modell (RICS 2004) für London und seine Anpassung für Sydney arbeitet mit den Werten mehrerer Perioden (18, 24, 30 und 36 Monate in einer Gleichung).

SCHWARTZ / TOROUS (2007) nehmen zusätzlich den Herfindahl-Index als Maß für die Konzentration am Projektentwicklermarkt auf. Demnach wird in konkurrenzreicheren Märkten mehr gebaut. Die Schätzung der Querschnittstudie über mehrere Städte arbeitet mit einer Poisson-Verteilung.

Alternativ schlagen DI PASQUALE / WHEATON (1996, 305) eine zeitliche Verzögerung der Baubeginne in Form eines *adjustment processes* analog zur zeitlichen Verzögerung bei Inanspruchnahme und Miete vor.

(Gl. 8-10) $NEUB_t - NEUB_{t\text{-}lag} = \tau\,(NEUB_t^* - NEUB_{t\text{-}lag})$

mit NEUB*= Optimaler Neubau; τ =Anpassungsrate; $0 < \tau < 1$

(Gl. 8-9) gilt dann für den optimalen Neubau:

(Gl. 8-11) $NEUB^* = f\,(\,leer_{t\text{-}lag};\, E_{t\text{-}lag}\,(M_t);\, BAUKO_{t\text{-}lag};\, ZINS_{t\text{-}lag};\, STEU_{t\text{-}lag})$

mit NEUB*= Optimaler Neubau

Die ökonometrische Schätzung von τ und den Koeffizienten erfolgt analog zu (Gl. 8-8).

Endogenisierung der Bürobeschäftigung

Die Modellierung der künftigen Entwicklung von Bürobeschäftigten ist im Regelfall nicht als originäre Aufgabe der Büromarktforschung zu sehen. Zu groß sind die Interdependenzen mit verschiedensten makroökonomischen Parametern, die den Arbeitsmarkt und die Verteilung der Beschäftigten auf Regionen und Sektoren beeinflussen. Dem entsprechend existieren wenige Aufsätze, die sich dem regionalökonomischen Thema aus reiner Büromarktperspektive widmen (vgl. z.B. MALIZIA 1991). Im Regelfall wird die prognostizierte Entwicklung der regionalen Bürobeschäftigung als exogene Variable angenommen und zu deren Bestimmung auf Studien der Arbeitsmarktökonomie zurückgegriffen.

Die natürliche Leerstandsrate

Eine wesentliche Rolle im dargestellten Basismodell spielt die natürliche Leerstandsrate. Dabei wird davon ausgegangen, dass ein gewisser Leerstand nötig ist, um Umzüge und Reparaturen zu ermöglichen sowie den in der aktuellen Marktsituation besten Mieter zu suchen. Amerikanische Untersuchungen gehen teilweise davon aus, dass die natürliche Leerstandsrate zeitlich (CLAPP 1993, 36 ff.) und räumlich (VOITH / CRONE 1988; SHILLING / SIRMANS / CORGEL 1987) schwankt. Im Fall zeitlicher Änderungen werden durch die Divergenz zwischen tatsächlicher und natürlicher Leerstandsrate insbesondere die Erwartungen der Vermieter an das weitere Marktgeschehen abgebildet. Während stabile natürliche Leerstandsquoten noch sinnvoll empirisch über die Konstante in Regressionsgleichungen zu schätzen sind, ist dies bei schwankenden Raten nicht mehr möglich.

DI PASQUALE / WHEATON 1996 arbeiten nicht mit der natürlichen Leerstandsrate, sondern wenden alternativ den *stock-adjustment*-Prozess auch für die Miete an. Hier geschieht die suboptimale Preisbildung eher aus Gründen fehlender Information denn aus Erwartungen der Vermieter (diese sind bereits in der optimalen Miete enthalten).

Die beiden Ansätze lassen sich zusammenführen (vgl. CLAPP 1993; HENDERSHOTT / LIZIERI / MATYSIAK 1999), wenn man davon ausgeht, dass die Miete sowohl durch die natürliche Leerstandsrate als auch durch die optimale Miete beeinflusst wird. Letztere wird durch den Kapitalmarkt und die Baukosten vorgegeben.

(Gl. 8-12) $\Delta M_t = \mu\,(M^* - M_{t-1}) - \beta(natleer - leer_{t-1})$

wobei leer = Leerstandsquote in %; natleer = Natürliche Leerstandsquote in %
M = Miete; M* = optimale Miete
t = aktuelle Periode; t-1 = Vorperiode

Anwendungen des Modells zu Prognosezwecken und zur Simulation von Zyklen

Mit den genannten zeitlichen Verzögerungen aus Nachfrage- und Angebotsseite kann man die Zyklen des Büromarktes nachvollziehen und modellieren (vgl. z.B. SHILTON 1998; KUMMEROW 1999). Mit konstantem Input von Änderungen der Bürobeschäftigung oder anderen externen Größen ergibt sich mit entsprechender Parameterwahl in einer Simulation eine in regelmäßigen Zyklen um einen statischen Trend schwankende Kurve (vgl. HENDERSHOTT / LIZIERI / MATYSIAK 1999, 382).

Die Regionalisierung der Aussagen

Die ökonomische Richtung der Behandlung des Themas Büroflächen, die im Wesentlichen auf angloamerikanische Literatur zurückgreift, beschäftigt sich zunächst wenig mit der regionalen Komponente der Büroflächenmarktmodellierung. Die Modelle betrachten im Regelfall einen gesamten Büromarkt, der meist eine Stadt bzw. eine Stadt mit Umland oder ein *Metropolitan Statistical Area* (MSA) umfasst. In diesem Betrachtungsbereich können Daten für Zeitreihen gewonnen werden, so dass eine dynamische Modellierung wie bei ROSEN 1984 ermöglicht wird. Eine Differenzierung nach Teilstandorten findet dabei selten statt, für wichtiger wird eine Unterscheidung nach Qualitätsstufen des Bürogebäudes[37] gehalten (vgl. MCDONALD 2002, 229).

[37] Dabei können die Qualitätsstufen z.B. über den Zeitpunkt der Errichtung gebildet werden (vgl. CLAPP 1993, 13). Hierbei ist jedoch die unterschiedliche Qualität zwischenzeitlicher Renovierungen nicht berücksichtigt. Alternativ existieren Daten über Qualitätsklassen.

Die wesentliche Datenquelle für die ökonometrischen Büromarktmodelle besteht in den Daten von Maklern bzw. Immobilienconsultants. Dies hat zur Folge, dass die Einzelbeobachtungen in ökonometrischen Gleichungen im Falle von Zeitreihen gesamtstädtische Daten – oft ohne Vollständigkeitsanspruch – über mehrere Jahre beinhalten, im Falle von Querschnittdaten meist die Daten mehrerer großer Bürogebäude im entsprechenden MSA bzw. *central business district*, wobei dann gebäudespezifische Leerstandsraten, Mieten und andere Parameter in die Gleichungen einfließen. Besonderheiten des einzelnen Gebäudes oder Standorteinflüsse unterhalb der Stadtebene (bspw. die Gebäudequalität oder die direkte Nachbarschaft zu Autobahnausfahrten, Gastronomie bzw. Parks sowie die jeweiligen Auswirkungen auf Miete und / oder Leerstandsquote) müssen dann in den statistischen Störterm eingehen.

Stadtübergreifende Ansätze, welche sich v.a. einer Beeinflussung von einzelnen Modellparametern durch nationale Größen wie das Wirtschaftswachstum oder landesweite Leerstandsquoten (vgl. HANINK 1996) widmen, addieren einzelne Märkte in Datenpools (z.B. HEKMAN 1985) oder erfassen mehrere Märkte (Städte) als Querschnittsdaten (z.B. SIVITANIDES 1997). In diesem Fall stellen regionale Besonderheiten den statistischen Störterm dar, so dass der Nutzen für die regionalisierte Standort- und Marktanalytik gering ist. Hier steht der Zusammenhang zwischen makroökonomischen Faktoren und der standortübergreifenden Anlageklasse Büroimmobilien im Fokus der Betrachtung.

Der in den USA übliche Fokus auf der gesamtstädtischen Marktentwicklung hat zur Folge, dass es bis heute wenig Literatur über die Fragestellung gibt, wie sich die einzelnen regionalen Teilmärkte zueinander verhalten: Gibt es einen klaren Trend an die Peripherie? Welches Preisgefälle zwischen *central business district* und suburbanen Büroflächenclustern verursacht bspw. welche neuen Ansiedelungsströme oder Umzugsströme? Wie wirken planerische Restriktionen im Zentrum?

In einzelnen Untersuchungen (vgl. FREW / JUD 1988 am Beispiel Greensboro, North Carolina) wird das Teilmarktproblem explizit umgangen, in dem man homogene Büromärkte ohne Clusterbildung wählt. Dieser Ansatz ist allerdings allenfalls auf kleinere Großstädte in Europa übertragbar.

Neben HEKMAN (1985), der zwei verschiedene Zeitreihen für eine stadtübergreifend aggregierte Innenstadt und eine analog zusammengefügte Peripherie schätzt, bildet die wesentliche Teilmarktuntersuchung die Bostoner Studie von CLAPP / POLLAKOWSKI / LYNFORD (1992). Im theoretischen Teil wird das Basismodell mit Zeitreihengleichungen für jeden Teilmarkt aufgestellt, wobei die unabhängigen Größen der Regressionsgleichungen sowohl auf Gesamtmarkt- als auch auf Teilmarktebene liegen. Für (Gl. 8-3) wird eine Beeinflussung durch die gesamträumliche Leerstandsrate und die teilräumliche Leerstandsrate konstruiert:

(Gl. 8-13) $M_{t, TM} = f\,(leer_{t, TM} - natleer_{t, TM};\ leer_{t, GM} - natleer_{t, GM})$

wobei leer = Leerstandsquote in %; natleer = Natürliche Leerstandsquote in %
GM = Gesamtmarkt, TM = Teilmarkt

Aus der hedonischen Preisanalyse (vgl. Kapitel 9.1) ist zudem bekannt, dass sich das Preisniveau einer Immobilie neben den Parametern des Marktes und ihren (Qualitäts-) Eigenschaften auch aus räumlichen Parametern wie der Nähe zum *central business district* oder zu Autobahnen ableitet. Ähnliches nehmen CLAPP / POLLAKOWSKI / LYNFORD (1992) vor: Ein regionsabhängiges Parameterset wird zusätzlich in (Gl. 8-2) eingefügt:

(Gl. 8-14) $IASPR_{t+1, TM} = f(BB_{t, TM}; M_{t, TM}; TM)$

wobei $IASPR_{TM}$ = Flächeninanspruchnahme in m² im Teilmarkt
BB_{TM} = Zahl der Bürobeschäftigten im Teilmarkt
M_{TM} = Miete in € im Teilmarkt
TM = Zonenspezifische Variable

In der empirischen Umsetzung muss *TM* operationalisiert werden. Dabei kommen neben der Erfassung autoregressiver Größen (die Inanspruchnahme der Vorperiode als Maß für evtl. Besonderheiten der Region) oder Dummyvariablen für die einzelnen Teilmärkte auch räumliche Faktoren (z.B. die Höhe der *property tax*) eingesetzt werden.

(Gl. 8-4) wird einfach auf Teilmarktebene geschätzt. Zur Berechung des Gesamtmarktleerstandes ist die Einführung einer zusätzlichen Summenfunktion (über alle Teilmärkte) notwendig. Das Modell wird geschätzt aus Querschnittdaten (für die einzelnen Marktzonen) und verschiedenen Jahrgängen. CLAPP / POLLAKOWSKI / LYNFORD (1992) erzeugen durch Telefoninterviews mit den Managern der großen Bürogebäude aggregierte, nicht vollständige Daten für einzelne Teilmärkte. So liegen mehrere regionale Zeitreihen mit Beständen, Leerständen, Mieten und Bürobeschäftigten vor.

Alternative: Modellierung durch univariate Zeitreihenmodelle

Dem gerade beschriebenen Ansatz kann vorgeworfen werden, dass die notwendigen Daten in ausreichender Länge der Zeitreihen oft schwer zu beschaffen sind. Eine Alternative stellt deshalb die v.a. in der Aktienmarktanalyse verbreitete Anwendung univariater Zeitreihenmodelle dar. Dabei wird der zukünftige Verlauf einer Variablen (im Büromarktfall zweckmäßigerweise die Mieten oder die Renditen) ausschließlich aus Werten der Vergangenheit erklärt. In der Praxis wird dadurch das Zyklenmuster der Vergangenheit mathematisch beschrieben und in die Zukunft projiziert.

Die wichtigsten Modellverfahren sind ARMA- bzw. ARIMA-Modelle *(autoregressive integrated moving average*) und überlagerte stochastische Modellierungen von Trend und Zyklus (vgl. WERNECKE 2004, 179 ff., zu den mathematischen Grundlagen siehe bspw. FRANKE / HÄRDLE / HAFNER 2003).

Im vorliegenden Zusammenhang der standortbezogenen Modellierung sind diese Modelle wenig brauchbar:

- Dieser rein statistische Ansatz kommt ohne jegliches Theoriefundament aus – im Zusammenhang mit standörtlicher Modellierung ist jedoch gerade die Frage nach dem Aufdecken, Beschreiben und Begründen verschiedener standortbezogener Entwicklung interessant.
- Die Modelle können allenfalls dazu dienen, das sehr kurzfristige Verhalten des Zyklus ganzer Büroflächenmärkte zu untersuchen. Aussagen für weiter in der Zukunft liegende Zeiträume sind kaum möglich.

8.3.2 Empirie

In der angloamerikanischen Zyklenforschung sind Theorie und Empirie üblicherweise stark miteinander verknüpft. Alle oben besprochenen Modelle sind einer ökonometrischen Schätzung zugänglich, diese wurde im Regelfall in der entsprechenden Veröffentlichung selbst durchgeführt. ROSEN (1984) schätzt sein Originalmodell für den vergleichsweise langen Zeitraum von 1961 – 1983 für die Stadt San

den vergleichsweise langen Zeitraum von 1961 – 1983 für die Stadt San Francisco. Dies ist insofern erstaunlich, als bei diesem langen Zeitraum eine Abhängigkeit der Inanspruchnahme von der im Zeitablauf gestiegenen Flächenkennziffer vorhanden sein müsste, die mit (Gl. 8-2) nicht modelliert wird.

Da die zentrale empirische Literatur somit bereits im Theorieteil besprochen wurde, folgen an dieser Stelle lediglich einige Anmerkungen zu den Datenquellen für diejenigen Parameter, die in Kapitel 8.1 noch nicht diskutiert wurden. Insgesamt sind die ökonomischen Modellrechnungen stark auf die Datenverfügbarkeit von Maklern ausgelegt.

Leerstandsquote und natürliche Leerstandsquote

Eine Berechung der Leerstandsquote steht in Deutschland wie in den USA oder Großbritannien vor dem Problem, dass irgendwem der gesamte Gebäudebestand und der davon leer stehende Anteil bekannt sein müssten. Dies ist durch Makler nur sehr eingeschränkt gegeben. Da die Leerstandsrate eine relative Quote ist, reicht jedoch eine Stichprobe an Immobilien, um einen Eindruck vom Anteil des Leerstandes zu bekommen. Ungenauigkeiten bleiben jedoch, da Makler im Regelfall kein repräsentatives Sample der Büroimmobilien einer Stadt betreuen, sondern überproportional im großflächigen Bereich arbeiten.

Vor dem Hintergrund der empirischen Probleme ist HARTUNG 1998 zu verstehen, dass er das angloamerikanische Konzept der natürlichen Leerstandsrate für völlig irrelevant hält. Tatsächlich wird der theoretisch sicherlich vorhandene Erkenntniszugewinn eines Marktgleichgewichtes bei vorhandenem geringen Leerstand durch die Fehlerquoten bei der empirischen Leerstandsermittlung völlig überrollt. Als Näherung für die natürliche Leerstandsrate wird bspw. in POLLAKOWSKI / WACHTER / LYNFORD 1992 der Durchschnitt der Leerstandsraten verschiedener Jahre geschätzt. Dieses Vorgehen erscheint jedoch eher zweifelhaft, da der Büromarkt aufgrund der Substitutionsmöglichkeiten der Nachfrager eher Überkapazitäten als Unterkapazitäten produziert. Vereinfachend könnte deshalb in den Gleichungen mit der normalen Leerstandsquote oder sogar dem absoluten Leerstand gearbeitet werden.

Preise

Bei der Miete als zentralem Parameter aller Modelle mit umfangreichen Publikationen stellt sich zunächst die Frage nach der Definition. Sie geht im Idealfall als NOI (*net operating income*) bzw. Effektivmiete pro Zeiteinheit ein. Diese Größe ist von den tatsächlichen Zahlungen der Mieter (d.h. unter Einbeziehung evtl. gesondert vereinbarter *incentives* sowie der zu Beginn eines Mietverhältnisses vom Vermieter bezahlten Erneuerungsarbeiten), dem Leerstand im Gebäude und den Bewirtschaftungskosten abhängig. Da diese Größen im Regelfall für die zu untersuchenden Gebäude nicht vorliegen, müssen verschiedene Hilfsgrößen verwendet werden (vgl. MCDONALD 2002). Das Problem verschärft sich natürlich mit zunehmender Großflächigkeit von Büroflächenstudien. In der Praxis müssen Näherungswerte verwendet werden.

Zugänglichste Quelle für aggregierte Näherungswerte sind die Marktberichte der Makler, welche im Regelfall jährlich erscheinen und in größeren Büromärkten zumindest nach verschiedenen Stadtvierteln und Qualitätsstufen Spitzenmieten (vgl. GIF 2004) und Durchschnittmieten veröffentlichen. Diesen Veröffentlichungen zugrunde liegen die Datensammlungen der Makler, die sie im Rahmen ihrer Vermittlungstätigkeit erstellen. Dabei wird zwischen den Vertragsparteien jedoch üblicherweise striktes Stillschweigen vereinbart.

Ähnlich wie in anderen Ländern wird in Deutschland derzeit versucht, die Datenbasis für die Marktanalysen zu verbessern. Auf Einzelgebäudeebene ist dabei mit der Investment Property Databank (IPD) ein international verbreitetes Konzept entstanden, welches gute Daten für wenige Gebäude liefert. Teilnehmende Flächeneigentümer (v.a. Fonds) geben ihre individuellen Mietvertragsdaten an die Datenbank, welche als Art „black box" die Daten verwaltet und im Aggregat allen Beteiligten wieder zur Verfügung stellt.[38] Allerdings sind in der IPD tendenziell neue und große Bürogebäude überrepräsentiert. Für Gesamtmarktbetrachtungen abseits der Zielgruppe Anleger / Immobilienfonds sind diese Daten deshalb nur bedingt geeignet.

Die Gutachterausschüsse der deutschen Städte und Landkreise erfassen Verkäufe einzelner Immobilien und dokumentieren diese, um daraus Veröffentlichungen z.B. über die Bodenrichtwerte durchzuführen. Während die Daten bei Wohngebäuden eine gute Basis insbesondere für Standortanalysen bieten, sind bei Bürogebäuden folgende Punkte problematisch:

- Große, reine Bürogebäude werden relativ selten verkauft. Erst recht gilt dies in der Fallstudienstadt der vorliegenden Arbeit (Stuttgart) mit einem hohen Anteil an selbst genutzten Immobilien.
- Der Gutachterausschuss dokumentiert grundsätzlich Kaufpreise, Mieten können nur in einem Teil der Fälle erfasst werden.
- Kleinteilige Gebäude mit Büroanteil eignen sich nur bedingt zur Dokumentation des Preisniveaus für Bürogebäude, da hier zusätzlich die Qualität und die Lagefaktoren bspw. der Handelsflächen mit einfließen.
- Kaufpreise (nicht die Mieten) weisen zahlreiche Extremwerte auf, die durch Sondersituationen wie z.B. Insolvenzen, Notverkäufe etc. bedingt sind.

Lösungen wie die Auswertung von Angebotspreisen aus Zeitungsanzeigen, welche auf dem Wohnungsmarkt eine Rolle spielen (vgl. www.immodaten.net) spielen auf dem Büromarkt keine Rolle, da die Zeitungsannonce nicht den zentralen Vermarktungskanal darstellt.

Umsätze und Nettoabsorption

Für die Daten der Umsätze und die daraus abgeleiteten Schätzungen der Nettoabsorption gilt grundsätzlich das bereits in Kapitel 7.5.2 zum Thema Intransparenz des Marktes gesagte: Durch den fehlenden Überblick der einzelnen Marktteilnehmer über den Gesamtmarkt kommt es zu teils hohen Abweichungen.

Die Daten zu Umsätzen und zur Nettoabsorption werden derzeit in den wichtigsten deutschen Städten zwischen den Maklern abgeglichen, um die Qualität zu steigern. Die Koordination des Abgleichs und die Veröffentlichung übernimmt die GIF (vgl. O. V. IN IMMOBILIENZEITUNG 2004). Das Verfahren wäre prinzipiell ausweitbar auf andere Marktgrößen, allerdings besteht hier wohl wenig Interesse der Makler.

8.3.3 Wertung und Ausblick

Die angloamerikanische Immobilienforschung, die weitgehend aus der Ökonomie heraus kommt, modelliert mit ökonometrischen Methoden die meist ungleichen Marktkategorien von Angebot und Nachfrage. Definiert man Bedarf als zusätzliche Nachfrage zur Erreichung eines hypothetischen Versorgungsstandes, so ist hier weniger ein Anspruch auf staatliche Versorgung (bspw. durch Bereitstellung von

[38] Nähere Informationen unter www.ipd.com.

Flächen) zu verstehen, sondern ein Marktgleichgewicht, welches die Interessen der Vermieter und der Mieter zufrieden stellt. Der Ausgleich zwischen Angebot und Nachfrage erfolgt kurzfristig über die Veränderung der Leerstandsrate, mittelfristig und in einem gewissen Rahmen über die Anpassung der Mietpreise, und (mit erheblicher zeitlicher Verzögerung) über das Neubauvolumen.

Der Vorteil der ökonometrischen Schätzungen liegt darin, dass nur zwischen denjenigen Größen nach statistischen Zusammenhängen gesucht wird, die auch als Datenquelle verfügbar sind. Andernfalls wird mit Proxy-Variablen gearbeitet, z.B. dient bei Unkenntnis über die Entwicklung der Bürobeschäftigtenzahl die Beschäftigungsentwicklung in den wichtigsten tertiären Sektoren als Näherungsvariable. Beschränkt man sich bspw. bei der Flächenquantifizierung auf große reine Bürogebäude ohne Mischnutzungen, so muss zusätzlich angenommen werden, dass der Anteil der Beschäftigten in diesen Gebäuden am Gesamtarbeitsmarkt gleich bleibt. Ein derartiges Vorgehen erhöht natürlich die Höhe des statistischen Störterms, lässt aber das Vorhaben nicht an mangelnden Eingangsdaten oder willkürlichen Schätzungen scheitern.

Es verbleiben als entscheidende Nachteile der oben genannten Modelle jedoch die hohe Sensivität gegenüber exogenen Größen (u.a. die Bürobeschäftigten) sowie die fehlende Integration der langfristigen Entwicklung der Flächenkennziffer. Aus diesen Gründen ergeben Fortschreibungen auf längerfristige Zeithorizonte lediglich regelmäßige Zyklen (vgl. HENDERSHOTT / LIZIERI / MATYSIAK 1999). Zudem sind die Arbeiten zur tiefen Regionalisierung der Aussagen dürftig.

Auch wenn die Ergebnisse der ökonomischen Modelle sich in erster Linie an Investoren, Banken, Makler und Mieter wenden, so lässt die Tatsache, dass räumliche Parameter wie Neubau, Abriss und Flächenabsorption „mitmodelliert“ werden, auch eine Anwendung in der Stadtplanung sinnvoll erscheinen. Die Verwendung ökonometrischer Methoden hat in die deutsche Immobilienwirtschaft noch zu wenig und in die deutsche Stadtplanung nahezu noch keinen Eingang gefunden. Angesichts der praktischen Vorteile bei der Weiterverarbeitung lückenhafter Ausgangsdaten, der Anwendungsnähe und des darstellbaren Aufwandes bei Erlernen und Lehren grundlegender Methoden ist zu empfehlen, dass sich dies ändert.

Grad der regionalen Disaggregation

Grundsätzlich behandeln die dargestellten Längsschnittmodelle des Büroflächenmarktes gesamte räumliche Einheiten, im Regelfall eine Stadt, einen Ballungsraum oder sogar den vereinigten Büromarkt der wichtigsten Bürostandorte eines Landes. Das Modell von CLAPP / POLLAKOWSKI / LYNFORD (1992) mit zonenspezifischen Variablen in allen Gleichungen des modifizierten ROSEN-Modells bietet eine interessante Verknüpfung von dynamischen Marktmodellen mit hedonischen Preisfunktionen. Auch die *geographically weighted regression* könnte hier ein Ansatz sein.

Allerdings offenbart es auch ein Grundproblem im Verhältnis zwischen Marktmodellierung und tiefer Regionalisierung: Unter Verzicht auf räumliche Besonderheiten kann das ganze Marktgeschehen modelliert werden (wobei die Modellparameter sich dynamisch gegenseitig beeinflussen). Bei Einbeziehung detaillierter räumlicher Faktoren kann zwar eine individuelle Miete bestimmt werden, allerdings beeinflusst diese den Gesamtmarkt wenig bis gar nicht. In der Marktanalytik ist die tiefere Regionalisierung somit zwar erwünscht, allerdings kann mit den tief disaggregierten Daten nicht mehr an der Prognose weiterer Jahre weitergearbeitet werden.

Einfacher ist deshalb eine enge Verzahnung der Marktanalyse mit der Standortanalyse des Mikrostandorts. Bei letzterer kann die hedonische Preisfunktion (vgl. Kapi-

tel 9.1) zum Einsatz kommen, verknüpft mit einer verbalen Zukunftseinschätzung über die Entwicklung der beeinflussenden Parameter.

Einbindung von GIS-Systemen

In der angloamerikanischen Literatur wird ebenfalls diskutiert, wie durch die Möglichkeiten, die sich durch den Einsatz von Geoinformationssystemen bieten, die Modellierung verbessert werden kann. Separate Veröffentlichungen gibt es hierzu nur von RODRIGUEZ / SIRMANS / MARKS (1995), die vorschlagen, bei der Kalkulation von tief regionalisierten Preisen und ihren räumlichen Bestimmungsfaktoren (vgl. CLAPP / POLLAKOWSKI / LYNFORD 1992) kürzeste Wege im Straßennetz per GIS zu berechnen und diese Größe anstatt der manchmal ungenauen Luftliniendistanz einzusetzen. Trotz der ausführlichen Erwähnung in HYSOM / CRAWFORD 1997 ist dies wohl eher als Detail anzusehen.

Nichtsdestotrotz sind GIS-Systeme mit Bürobestandsdatenbanken hochgradig sinnvoll. Insbesondere wenn die Daten auf Mikroebene des einzelnen Bürogebäudes gespeichert werden, können Ergebnisse zur Summe des Bestandes oder zu Attributdatenauswertungen (z.B. Durchschnittsalter der Gebäude) für jeden beliebigen räumlichen Umgriff / Teilmarkt ermittelt werden. Falls ausreichend genaue Baufertigstellungsdaten fehlen, kann über das GIS auch die Messung oder Schätzung der Geschossflächen erfolgen.

9 Referenzmodelle auf Mikroebene

Mikromodelle betrachten die Ebene der individuellen Immobilien bzw. des individuellen Nutzers auf dem Büroflächenmarkt. In dieser Kategorie werden hier zwei Modelltypen zusammengefasst:

- Querschnitts-Mikromodelle modellieren die statisch die Auswirkungen von Marktsituationen auf die für individuelle Immobilien oder Nutzer geltenden Marktausgleichsparameter. Dies ist für die Zielvariable „Preis“ mit Hilfe des hedonischen Preismodells eine eingespielte Methodik. Zu prüfen ist, inwiefern andere Marktparameter durch Querschnitts-Mikromodelle untersucht werden können.
- Um die Marktsituation selbst zu prognostizieren, werden mit Hilfe der (dynamischen) Mikrosimulation Einzelentscheidungen der Akteure, die auf Angebot und Nachfrage von Immobilien Einfluss nehmen, simuliert. Hierzu gehören die Ausweisungsentscheidung der Planung, die Bauentscheidung der Projektentwickler (Zielvariable Bestand) sowie die Nutzungsentscheidung der Nutzer (Zielvariable Inanspruchnahme). Der Vorteil der Mikrosimulation besteht in der parallelen Modellierung von mikrostandörtlichen und zeitlichen Fragestellungen, der Nachteil im erhöhten Aufwand.

9.1 Preise (Hedonisches Preismodell)

9.1.1 Theorie

Die hedonische Preisbestimmung ist ein Modell, welches den Vergleich heterogener Güter ermöglicht. Dabei wird davon ausgegangen, dass das Gut verschiedene (metrische oder kategoriale) Merkmale besitzt, die jeweils unterschiedlich ausgeprägt sein können. Die hedonische Preisbestimmung schätzt mit Hilfe der linearen Regression die Koeffizienten für jedes Merkmal, so dass nun der Wert jeder einzelnen Merkmalsausprägung und der Schätzpreis $\hat{P}$ für jede beliebige Merkmalskombination hochgerechnet werden kann:

(Gl. 9-1) $$\hat{P} = \beta_0 + \sum_n \beta_n x_n$$

mit Schätzpreis $\hat{P}$, zu schätzender Konstante β_0; zu schätzenden Koeffizienten β_n, Merkmalen der Immobilie x_n

HEYSER (2005) erwähnt als früheste hedonische Preisbestimmung DAVIES (1912). Streng genommen gebührt dieses Privileg eigentlich V. THÜNEN (1826), denn bereits hier wurde der Preis in Abhängigkeit von der Entfernung zur nächsten Stadt als (einziger) Variable bestimmt. DAVIES (1912) übernimmt diese Variable und fügt zusätzlich die Qualität der Erschließungsstraße, die Größe der benachbarten Stadt und die Bodenqualität hinzu.

Bekannt wurde die hedonische Preisbestimmung jedoch durch COURT (1939), der die Preise von Automobilen untersuchte. In der Folgezeit wurde die Methode vor allem bei Gütern angewandt, die sich in Qualität und Ausstattung durch einen rasanten technischen Fortschrittprozess unterscheiden. Das Statistische Bundesamt verwendet das Verfahren bspw. für die Berechnung von Verbraucherpreisindices bei Personalcomputern. Untersuchungen in der Immobilienwirtschaft beziehen sich im Wesentlichen auf ROSEN (1974).

Zweckmäßigerweise werden die Merkmale *f* unterteilt (vgl. PLÖHN 2006, 35 ff.) in strukturelle Faktoren (physische Eigenschaften von Gebäude und Grundstück) und geographische Faktoren (Nähe von zentralen Einrichtungen oder von Emittenten, soziales Umfeld in der Nachbarschaft). Letztere unterteilen LAPOSA / THRALL 2004 nochmals in *accessibility measures* und *neighbourhood attributes.* Diese Unterscheidung ist jedoch eher technischer Natur: erstere Maßzahlen beziehen sich auf Entfernungsmessungen, letztere auf die Abfrage, wie viele Infrastrukturelemente in einem gewissen räumlichen Umkreis um das Gebäude / Grundstück zu finden sind (vgl. Kapitel 5.1). Viele Bestimmungsgründe für die Qualität von Büroimmobilien – insbesondere im konstruktiven Bereich und bei den Grundrisstypologien (vgl. LAMMEL 2005, 447-460) – sind jedoch nicht einfach zu quantifizieren und noch schwerer in einem größeren Datensample zu erheben.

Wenn in der Mietgleichung des Zyklenmodells aus Kapitel 8.3 (Gl. 8-3) keine Zeitreihe über den gesamten Büroflächenmarkt geschätzt wird, sondern Querschnittsdaten einzelner Gebäude verwandt werden, so ergibt sich eine Kombinationsmöglichkeit mit der hedonischen Herleitung der Miete, indem regionale Eigenschaften in die Gleichung eingebaut werden. FREW / JUD (1988) verwenden für jedes Gebäude Lageparameter wie die Entfernung zum CBD oder zur Autobahn. Dieser Querschnittsansatz ist jedoch schwer in das auf Zeitreihen und Aggregatdaten spezialisierte komplette Gleichungssystem (Gl. 8-2) bis (Gl. 8-4) zu integrieren. Das Verdienst der Untersuchung liegt somit darin, untersucht zu haben, wie hoch der Einfluss der Marktparameter (Leerstand) auf die Miete im Vergleich zu den räumlichen Parametern ist.

Aufbauend auf der These, dass sich die Miete aus Faktoren des Gesamtmarktes sowie der regionalen und qualitativen Charakteristika eines Gebäudes zusammensetzt, weist SLADE (2000) nach, dass die Faktoren je nach Phase des Immobilienzyklus unterschiedlich zu gewichten sind. So hatte am Beispielstandort Phoenix ein zusätzliches Stockwerk während einer Rezessionsphase höhere Wirkung auf den Preis – ein Anzeichen für die Mieter, die während Phasen billiger Mieten in prestigeträchtige hohe Gebäude umziehen.

9.1.2 Empirie

Während es in den USA inzwischen eine Vielfalt an Veröffentlichungen zu hedonischen Preisfunktionen für Wohnimmobilien gibt (vor dem Hintergrund der dortigen Besteuerung von Grundeigentum ist dies auch eine sehr anwendungsorientierte Fragestellung), ist die empirische Literatur in Kontinentaleuropa oder im Anwendungsfeld Büroimmobilien noch überschaubar. Besonders klein ist der Bestand an Untersuchungen über Büroimmobilien in Kontinentaleuropa.

Hedonische Preisanalysen zu Wohnimmobilien in den USA erreichen relativ hohe Erklärungsgrade. Angesichts der homogeneren und entmischteren Siedlungsstruktur ist dies nachvollziehbar. Klassische preisbeeinflussende Faktoren sind bei den physischen Eigenschaften die Zahl der Zimmer oder Garagen sowie das Vorhandensein von Klimaanlage oder Schwimmbecken. Bei den Lagevariablen sind u.a. die soziale Struktur bzw. die Kriminalitätsrate der Nachbarschaft, die Stellung der lokalen Schulen in Rankings sowie die Entfernung zu Geschäften oder Grünanlagen von Bedeutung. Für eine Auswertung, wie häufig welcher Faktor in empirischen Studien ist, sei auf PLÖHN (2006) verwiesen. Im deutschsprachigen Raum sind zum Thema Wohnimmobilien vor allem die Untersuchungen von HAUPT (2002) für 786 Mietwohnungen in Regensburg, PLÖHN (2006) für Einfamilienhäuser in Mainz und FEILMAYR (2004) für Eigentumswohnungen in Wien zu erwähnen. Die Daten für die Untersuchungen kamen dabei aus dem Mietspiegel, aus Befragun-

gen oder auf den Kaufpreissammlungen der Gutachterausschüsse. Die Analysen zeichnen sich durch eine hohe Fallzahl aus.

Die Zahl hedonischer Preisbestimmungen bei Büroimmobilien ist deutlich geringer (vgl. Tab. 9-1). Im Regelfall sind auch die zugrunde liegenden Datensamples deutlich kleiner - einfach weil es weniger Büroimmobilien gibt und somit im gleichen Zeitraum auch nicht so viele Immobilien umgesetzt werden. Letzteres gilt insbesondere dann, wenn als erklärte Variable die Kaufpreise gewählt werden (Datenquelle ist beispielsweise die Kaufpreissammlung). Bei der Erklärung von Mieten könnte auf Daten von Maklern zurückgegriffen werden. Hier sind aber quasi keine Ergebnisse publiziert. Eine Chance bieten Befragungen (z.B. durch die Kammern) oder Datensammlungen wie z. B. die Investment Property Databank (IPD) – insbesondere dann, wenn in Zukunft noch mehr Mietverträge eingegeben werden.

Tab. 9-1: Referenzstudien zur hedonischen Preisbestimmung bei Büroimmobilien

Quelle	Untersuchungsraum	Erklärte Variable	Erklärende Variable	Anmerkungen
NAPPI-CHOULET / MAURY (2006)	Paris, N = 2200	Kaufpreise	Diverse Dummies für Stadtviertel und Baujahre, Arbeit mit spatiotemporalen Korrelationsmatrizen	Beitrag zur ERES-Konferenz 2006
DESYLLAS (2000)	Berlin, N = 422 Gebäude	Mieten	Bauqualität, Lage im Straßennetz (Kreuzungszählung per GIS) vor und nach der Wiedervereinigung, Vertragslänge	
HEYSER (2005)	München, N = 89	Logarithmierter Mietpreis	Dummy für Lage in der Altstadt, Entfernung zum Marienplatz, Vorhandensein einer Klimaanlage, Vorhandensein einer Kühldecke, Entfernung zum Flughafen, Alter, Nähe zum ÖPNV (Log)	Angabe zur Samplegröße sehr versteckt und nicht ganz klar
HAASE (2007)	Kanton Zürich, N = 1010 Mietverträge	k.A.	Lagevariablen unklar beschrieben, Baujahr durch Dummies	$R^2 = 0,61$
KURZROCK (2007)	standortübergreifend, N = 662 Mietverträge	Performance (Total Return, Wertänderungsrendite, Netto-Cash-Flow-Rendite	Lage in prosperierender Region (+), Entfernung zu Hauptbahnhof (+) und Flughafen (-), Lage in Einbahnstraße (-), Flächengröße (+), Clustereffekt (+), Unbefristeter Vertrag (+)	Korr. R^2 je nach erklärter Variable bei ca. 20 % für Objekt- und Lagevariable. Separate Gleichungen mit Performance-Bestandteilen (Miete, Auslastung etc.)

9.1.3 Wertung und Ausblick

Das hedonische Preismodell ist der adäquate Ansatz, um der Heterogenität des Gutes Büroimmobilie in Bezug auf Ausstattung und Lage zu begegnen. Je nach Fragestellung kann dabei auf Stadtebene, Stadtviertelebene, Gebäudeebene oder sogar auf der Ebene des einzelnen Mietvertrags gearbeitet werden. Der Wert der Methode für die immobilienwirtschaftliche, aber auch für die planerische Praxis ist

als äußerst hoch einzuschätzen. Umso mehr verwundert die geringe Zahl an Publikationen zum Thema in Europa. Für die automatisierte Messung der zahlreichen räumlichen Einflussfaktoren sind Geoinformationssysteme eine wertvolle Unterstützung.

Dennoch ist das Verfahren in seiner Aussagekraft limitiert, wenn die Fragestellung eben nicht „nur" die Schätzung eines individuellen realistischen Marktpreises sondern die standortbezogene Analyse des gesamten Marktes beinhaltet. Folgende Nachteile sind anzumerken:

- Das hedonische Preismodell ist eine reine Querschnittsanalyse ohne Zeitkomponente. In Prognosen kann mit diesem Verfahren nur eine Einordnung getroffen werden, in welchem Segment sich das Gebäude (Stadtviertel) unter der Annahme gleich bleibender Segmentierung befindet.

- Der Preis ist auch bei prognostisch arbeitenden Markt- und Standortanalysen für eine Immobilie nur ein Entscheidungskriterium. Ebenso bedeutsam ist die Abschätzung des Mietausfallrisikos durch Leerstand. Auf diese Fragestellung lässt sich das hedonische Preismodell aber übertragen (vgl. Kapitel 10.2.2).

- Das Verfahren dient als teilweise als Teilschritt in Mikrosimulationen (vgl. Kapitel 9.2.4). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass der Preis nur einer der Entscheidungsgründe für die Standortwahl ist und die Kopplung mit den dort angewandten Schätzgleichungen teilweise schwer fällt.

An dieser Stelle soll kurz darauf hingewiesen werden, dass das Verfahren auch zur Berechung von Preisindices verwendet wird. Die Aufgabenstellung ist hier anders herum: Standorteinflüsse sollen möglichst herausgefiltert werden, so dass nur noch die Zeitkomponente als Einflussfaktor „übrig bleibt". Trotz der gleichen Methodik handelt es sich hier jedoch streng genommen nicht um Geomodellierung.

9.2 Inanspruchnahme (Standortallokation in Mikrosimulationen)

Im Folgenden soll nun detaillierter auf die methodische Fragestellung eingegangen werden, wie die Zuteilung von individuellen Akteuren (Büroflächennachfrager) zu Nutzflächen (Büroflächen) modelliert werden kann. Dies ist v.a. für Mikrosimulationen wichtig, da hier eine Standortentscheidung für jeden einzelnen Nutzer simuliert wird und zur Auswertung eine Reaggregation der individuellen Ergebnisse vorgenommen wird.

Die Ergebnisse von standörtlichen Mikrosimulationen helfen einerseits, die Attraktivität und die Marktposition einer einzelnen Immobilie zu bewerten. Bei der Interpretation von Ergebnissen muss jedoch berücksichtigt werden, dass in Simulationen Zufallskomponenten einfließen. Insofern kann nur eine wiederholte Simulation unter gleichen Ausgangsbedingungen Aussagen über die Wahrscheinlichkeit verschiedener Endzustände erbringen. Auch dies ist selbstverständlich nur eine Schätzung. Voraussetzung ist zudem, dass bei einer Zielfragestellung auf Mikroebene (z.B. steht eine bestimmte Immobilie im Simulationsmodell in fünf Jahren leer?) die Eingangsdaten dieser Immobilie korrekt sein sollten. Dies ist nicht selbstverständlich. Die Mikrosimulation bietet sich auch an, wenn nur bei einer Teilpopulation alle relevanten Eigenschaften bekannt sind und diese bei den restlichen Akteuren in der Art geschätzt werden, dass die auf Makroebene aggregierten Zahlen bekannte Eigenschaften der Gesamtpopulation erfüllen. Hier spricht man von synthetischen Populationen. Sie dienen dazu, das Umfeld bzw. die Konkurrenz der eigentlich interes-

sierenden Immobilie zu modellieren, ohne dass deshalb belastbare Aussagen über diese synthetischen Akteure möglich sind.

Andererseits kann mit Hilfe der Mikrosimulation das Marktgeschehen für den Gesamtmarkt prognostiziert werden. Hierzu ist jeweils eine „virtuelle Volkszählung" unter den simulierten Einzelobjekten notwendig. Der Vorteil gegenüber den bereits präsentierten Modellen auf Makroebene liegt darin, dass die Aggregate nach attributiven und räumlichen Kriterien frei gewählt werden können. Je größer die aggregierte Gruppe, umso geringer werden die Anforderungen an tatsächlich zu 100 % korrekte Eingangsdaten auf Mikroebene.

Die folgenden nachfrageseitigen Ausführungen verlassen das Thema der Büromarktanalyse allerdings wieder. Dies ist notwendig, da zum Problem der Modellierung von Standortentscheidungen in Mikrosimulationen auch in angloamerikanischen Sprachraum keine bürospezifischen Veröffentlichungen zu finden sind. Das Prinzip, wie individuelle Akteure auf dem Immobilienmarkt sich für einen Standort entscheiden, ist jedoch grundsätzlich vom Wohnungsmarkt oder dem allgemeinen Gewerbeimmobilienmarkt auf den Büroimmobilienmarkt übertragbar. Die ausgewerteten Quellen beziehen sich somit im Wesentlichen auf die Literatur zur Stadtsimulation und werden auf die Bedürfnisse des Büroimmobilienmarktes angepasst. Über die Entstehungsgeschichte und die Probleme von Stadtsimulationen sowie die Methodik der Mikrosimulation wurde bereits in Kapitel 4.3 und 5.2.2 berichtet.

9.2.1 Theorie

Bei der Behandlung des Themas Standortwahl sind zwei grundsätzlich unterschiedliche Ansätze zu berücksichtigen:

- Der Entscheider (und zwar sowohl der Nutzer, der einen Standort für sein Unternehmen sucht, als auch der Bauträger, der neue Büroflächen entwickelt) wählt denjenigen Standort, welcher ihm den höchsten Nutzen bringt. Der Nutzen einer Standortentscheidung hängt ab von den Kosten (Mietpreise, Baulandpreise) und den positiven Effekten der Standortfaktoren (bspw. die zentrale oder angesehene Lage, die gute Verkehrsanbindung).

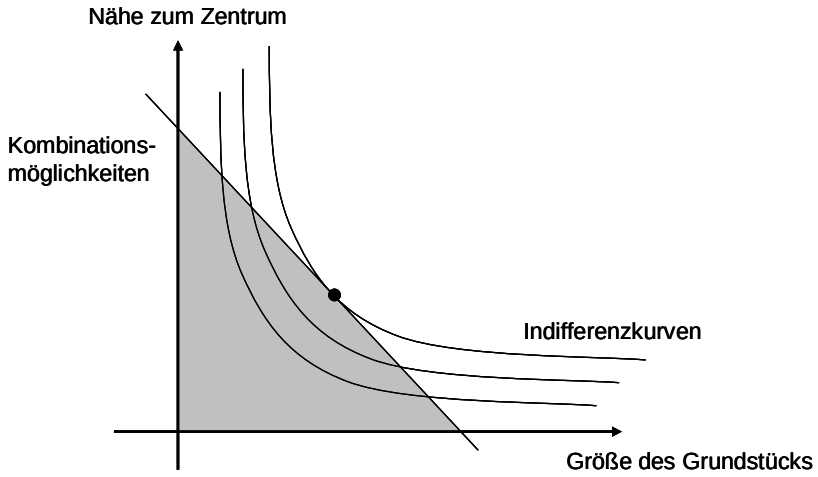
- In der Realität entscheiden sich die Nachfrager meist nicht für den optimalen Standort. Die Gründe hierfür liegen an Informationsdefiziten und mangelnder Transparenz des Marktes, in der Beschränkung des Aufwandes der Suche sowie an räumlichen oder sachlichen Präferenzen, welche der nützlichsten Entscheidung gegenüberstehen (vgl. PRED 1967).

Teilweise lassen sich die beiden Ansätze vereinen, indem man Präferenzen in die Nutzenfunktionen integriert. In jedem Fall besteht jedoch das Problem, die Entscheidung und ihre Einflussfaktoren in Zahlenwerte zu fassen. Auf der Ebene des einzelnen Entscheiders ist der gesamte Nutzen einer jeden möglichen Entscheidung schlichtweg unbekannt. Der Entscheider selbst kann den Nutzen (bspw. im Rahmen von Befragungen) kaum einschätzen, da er sich im Regelfall nur zwischen wenigen Alternativen in der Endauswahl entscheidet und auch hier nur die für ihn beste wählt. Eine systematische Bewertung aller Alternativen findet somit nicht statt. Es ist deshalb eine geeignete Kombination aus einem rationalen nutzwertanalytischen Ansatz und einer Zufallskomponente für die Abbildung der suboptimalen Entscheidungen und der unbekannten Entscheidungsgründe zu finden.

Der nutzwertanalytische Ansatz geht davon aus, dass jeder Akteur seinen individuellen Nutzen aus dem kombinierten Konsum verschiedener Mengen von verschiedenen Gütern zu optimieren versucht. Dabei ist sein Budget beschränkt und er setzt deshalb seine beschränkten Mittel so ein, dass ihm der optimale Nutzen daraus

erwächst (Grundlagen zur Wahl des Konsumenten unter Budgetbeschränkungen in O'SULLIVAN 2007, 381 ff.). Abb. 9-1 zeigt, wie zwischen verschiedenen Mengenkombinationen zweier Güter gewählt werden kann. Als Beispiel werden die beiden im Gegensatz stehenden Immobilieneigenschaften „Nähe zum Zentrum" und „Größe des Grundstücks" gewählt. Die Gerade verbindet die Kombinationsmöglichkeiten unter Budgetbeschränkung. Der graue Bereich links ist mit gegebenem Budget darstellbar, auf der Gerade ist das Budget verbraucht und die Kombinationsmöglichkeiten rechts davon sind nicht zu bezahlen. Die Indifferenzkurve der Konsumenten (Isolinie gleichwertiger Präferenzen) verläuft in den meisten Fällen nicht gerade, sondern gekrümmt. Konsumenten bevorzugen im Regelfall sinnvolle Kombinationen vor einseitigen Ausprägungen (während eine Stunde zum Zentrum bei 1.000 m² Grundstück vielleicht noch äquivalent wie 30 Minuten zum Zentrum bei 500 m² bewertet wird, sind zwei Stunden und 2.000 m² für den normalen Arbeitnehmer deutlich unsinniger). Zur Findung des optimalen Nutzens unter Ausschöpfung des Budgets wird diejenige Indifferenzkurve gewählt, welche die Budgetgerade in genau einem (dem gesuchten) Punkt tangiert.

Abb. 9-1: Indifferenzkurven bei der Wahl zwischen Mengekombinationen zweier Güter unter Budgetbeschränkung



Bei der Standortwahl sind selbstverständlich mehr als zwei Faktoren von Bedeutung, nämlich genau diejenigen, die auch als Faktoren in das hedonische Preismodell eingehen: Verschiedene Maße für die Qualität der Lage sowie verschiedene Maße für die Qualität des Gebäudes (oder die rechtlichen und physischen Eigenschaften des Baulandes). Jeder einzelne Teil-Nutzwert ergibt sich aus der Ausprägung des jeweiligen Einflussfaktors mal das jeweilige Nutzengewicht.

(Gl. 9-2) $U = f(a, n)$

mit Nutzen einer Eigenschaft U, Ausprägung der Teileigenschaft a, Koeffizient zur Bewertung der Eigenschaften n

(Gl. 9-3) $U_{gesamt} = U_{Lage} + U_{phys.\ Eigenschaften}$

Der Unterschied zum hedonischen Preismodell besteht darin, dass die Nutzengewichte individuell sind. Ein nach Marktpreisen teureres Gebäude kann für den einzelnen Büronutzer also durchaus einen geringeren Nutzwert haben als ein billigeres.

Dies gilt jedoch nur für den Fall einer Budgetbeschränkung. Er ist jedoch im Bereich der Büronutzer relativ irreal, da Büromieten im Vergleich zu den Lohnkosten der darin arbeitenden Arbeitskräfte von untergeordneter Bedeutung sind. Realistischer dürfte es deshalb sein, den Preis selbst als Eigenschaft des Gebäudes aufzufas-

sen, ihm also selbst ein Nutzengewicht zu geben. Der Entscheider bewertet also den Preis im Verhältnis zu den anderen Größen. Daraus ergibt sich bspw. das Verhältnis „wie viel mehr Kosten ist eine Verbesserung des Lagefaktors Entfernung zur Autobahn um eine Fahrzeitminute wert".

(Gl. 9-4) $U_{gesamt} = U_{Lage} + U_{phys.\ Eigenschaften} + U_{Preis}$

Die empirische Schätzung von Nutzenfunktionen (s.u.) ist relativ kompliziert. Hat man sie aufgestellt, so ist die nächste Frage, wie sich das Vorhandensein von Nutzenbewertungen auf die tatsächliche Standortwahl auswirkt.

Im Falle von Büronutzern, die neu einen Standort suchen, können folgende Modellierungsmechanismen der Standortallokation gewählt werden:

- Es wird rein zufällig ein Standort gewählt. In der Reinform ist dies – den Wunsch nach aussagekräftigen Simulationsergebnissen vorausgesetzt – sicherlich wenig zielführend. Für Teilschritte kann die reine Zufallsauswahl jedoch sinnvoll sein.

- Der Nutzer vergleicht alle möglichen Standorte und wählt anhand der Nutzenfunktion den optimalen aus. Hierbei wird jedoch die Annahme getroffen, dass der Nutzer permanent die vollständige Information über alle auf dem Markt befindlichen Büroflächen besitzt. Diese Annahme eines voll rational agierenden *homo oeconomicus* dürfte auf dem Büroflächenmarkt jedoch unrealistisch sein.

- Der Nutzer trifft aufgrund des real hohen Suchaufwandes seine rationale Entscheidung innerhalb eines verkleinerten Auswahlsamples. Die Auswahl kann entweder zufällig erfolgen: WADDELL / BORNING ET AL. (2003, 54) verteilt sie dabei so, dass sie repräsentativ für das Angebot ist. Oder es werden Vorab-Bedingungen der Auswahl analog den absoluten Restriktionen bei der planerischen Flächenbewertung festgelegt. BENENSON / TORRENS (2004, 166) sprechen dabei von *satisfier threshold*. Die zu erfüllende Mindestbedingung ist entweder der gesamte Nutzen, im Regelfall aber eher die Erfüllung eines Teilkriteriums oder völlig anderen Kriteriums. Bei der Büromarktsimulation könnte bspw. die Größe der angebotenen Fläche ein solches Restriktionskriterium darstellen. Nur wenn die angebotene Fläche grob den Bedarf des Nachfragers erfüllt, wird sie in die nähere Auswahl aufgenommen. Innerhalb dieser kann dann nach zufälligen, rationalen oder kombinierten Nutzenkriterien bewertet werden. Dieses Vorgehen wirkt der Problematik der Nutzenfunktionen entgegen, dass grundsätzlich alles mit allem ausgleichbar ist. Das gestufte Verfahren und die Einführung absoluter Restriktionen dürften dem tatsächlichen Vorgehen der Nutzer bei der Standortwahl deutlich näher kommen als die rein an der Nutzenfunktion orientierte Variante.

- Letztendlich wird aber selbst die Kombination von Vorab-Bedingungen und absoluter nutzenorientierter „Endauswahl" keinen sehr realistischen Prozess abbilden. Die Zufallskomponente sollte deshalb eine angemessene Rolle bei der Simulation einnehmen. Dabei kann die Wahrscheinlichkeit die Höhe des Nutzens abbilden – Standorte mit höherem Nutzen werden also mit höherer Wahrscheinlichkeit gewählt.

- Grundsätzlich ist außerdem die Entscheidung zu treffen, ob die Standortsuche auch wieder abgebrochen werden kann, wenn keines der Ergebnisse eine Nutzenschwelle überschreitet oder die Monte-Carlo-Simulation keinen Standort wählt. Bei der einmaligen Zufallsauswahl unter verschieden wahrscheinlichen Lösungen kann auch die leere Menge mit

scheinlichen Lösungen kann auch die leere Menge mit einer Wahrscheinlichkeit versehen werden.

Belegen die Büronutzer bereits einen Standort, so können folgende Vorgehensweisen modelliert werden:

- Ein Umzug ist ein autonom zu modellierendes Ereignis. Die umgezogenen Nutzer kommen in den so genannten *mover pool*. Von dort aus erfolgt die Standortsuche des Umzugsnutzers unter den gleichen Maßgaben wie die Standortsuche eines extern zuziehenden oder neu entstandenen Büronutzers (s.o., vgl. WADDELL 2004).

- Jeder Büronutzer sondiert permanent den Büroflächenmarkt und zieht dann um, wenn ein gefundener Standort einen signifikant höheren Nutzen als bisher bietet:

  (Gl. 9-5) $U_{neu} > U_{alt} + x$

Die Höhe von x orientiert sich an den Transaktionskosten. MOECKEL / SCHÜRMANN / WEGENER (2002) verwenden diesen Ansatz. Dabei werden pro Iteration allerdings nur fünf Alternativen vorgelegt. Dies soll einen realistischen Suchprozess abbilden. Nach jeder Ablehnung sinkt der Wert für x, nach Ablehnung der fünften Alternative verbleibt der Nutzer am bisherigen Standort.

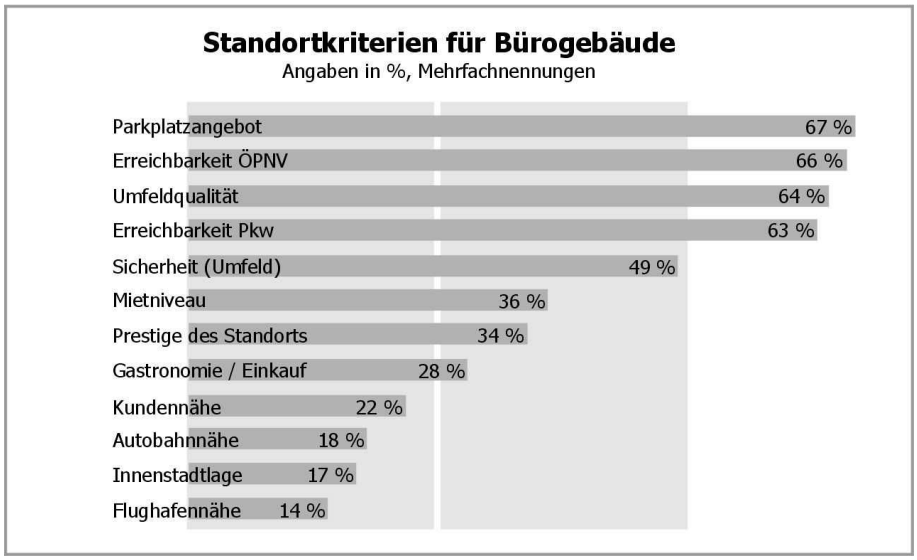
9.2.2 Empirie I: Klassische Standortfaktorenkataloge

Traditionell wird das Thema der Standortwahl mit Katalogen von Standortfaktoren bearbeitet, die dann nach irgendeinem System geclustert werden (z.B. harte oder weiche Standortfaktoren) oder durch Befragungen der Betroffenen bewertet werden. Dabei verursacht die große Heterogenität der zu bewertenden Kriterien, die große Zahl der möglichen Ausprägungen und der letztendliche Bewertungsmaßstab (wichtig - unwichtig) schwerwiegende methodische Probleme. Im Wesentlichen ist an diesen Untersuchungen zu kritisieren, dass Präferenzen erfragt werden, ohne deren Beziehung zueinander zu untersuchen. Dies ist besonders dann gravierend, wenn nicht alle Standortfaktoren erfüllt werden können und ein Abwägen zwischen verschiedenen Optionen erfolgen muss. Die Bewertung einzelner Eigenschaften mit Hilfe ordinaler Nutzenkategorien gibt keinen Aufschluss darüber, ob ein Nutzer beispielsweise im Falle der Entscheidung eher eine gute Verkehrsanbindung bei mangelhafter Parkplatzsituation oder die umgekehrte Konstellation bevorzugt.

In den meisten Standortfaktorenkatalogen wird zudem die wichtigste Kategorie vergessen: der Preis. Jeder Verbesserung eines Standortfaktors steht im Regelfall ein Anstieg bei der Miete / beim Kaufpreis gegenüber. Inwieweit die Nutzer bereit sind, diese Kosten zu tragen, ist für die tatsächliche Entscheidung von höchster Bedeutung. Eine Ausnahme bildet KEMPF (2006), der gezielt nach Wahrnehmung des Einflusses von Standort- (und Ausstattungs-) faktoren auf den Preis (gemessen in Kategorien wie stark – weniger stark etc.) fragt. Eine metrisch skalierte Bewertung der Standortfaktoren findet jedoch auch hier nicht statt.

Im Regelfall beziehen sich die Erhebungen zur Einschätzung der Bedeutung von Standortfaktoren auf hypothetische Fälle in Befragungen. Somit werden keine tatsächlichen Entscheidungen analysiert, sondern mögliche Entscheidungen ex-ante erfragt.

Abb. 9-2: Standortkriterien für Büroflächen. Quelle: BULWIEN (2002)



9.2.3 Empirie II: Conjoint-Analyse

Die Conjoint-Analyse integriert den Preis als Standortfaktor und leistet eine Verhältnisbildung zwischen dem Nutzen, den verschiedene Ausprägungen bei verschiedenen Standortfaktoren bringen.

Damit wird nicht nur der Preis einer jeden Verbesserung bestimmt, es wird auch die tatsächliche Entscheidung simuliert. Allerdings arbeitet das Modell mit kategorialen Variablen. Dies ist dann sinnvoll, wenn eine Eigenschaft mehrere verschiedene Ausprägungen haben kann, beispielsweise die Heizung mit verschiedenen Energieträgern. Schwieriger wird es, wenn metrisch skalierte Variablen zum Einsatz kommen. Diese müssen in verschiedene Kategorien umgerechnet werden. Somit kann nur bestimmt werden, ob ein Nutzer sich eher für ein Gebäude mit Aufzug bei 10 € Miete oder für ein Gebäude ohne Aufzug bei 8 € Miete entscheiden würde, nicht jedoch der genaue Punkt, bei dem Unentschiedenheit herrscht. Die Conjoint-Analyse bleibt somit im ordinalen Nutzenkonzept. Die hohe Zahl der Ausprägungen, die bei der Kombination mehrerer Variablen schnell entsteht, sorgt für hohen methodischen Aufwand und die Notwendigkeit eines großen Befragungssamples.

Das Verfahren der Conjoint-Analyse stammt ursprünglich aus der Betriebswirtschaft und wurde durch BONNY (1999) auf die Stadtplanung und durch ERTLE-STRAUB (2002) auf die Immobilien-Projektentwicklung übertragen. Seinen Nutzern liegt vor allem in der Tatsache, dass bei einer Vielzahl von möglichen Ausprägungen eines Produktes die bestmögliche Ausprägung ex-ante (v.a. in Befragungen) herausgefunden werden kann. Die Conjoint- Analyse eignet sich jedoch nicht für die Analyse bereits getätigter Standortentscheidungen (ex post).

9.2.4 Empirie III: Schätzung von Nutzenfunktionen für die einzelnen Nutzergruppen

Voraussetzung: Bildung von Nutzergruppen

Nutzenfunktionen sind schwer zu schätzen. Im Prinzip hat jeder Akteur seine eigene Nutzenfunktion, kennt diese aber vorab selbst nicht, da er erst im konkreten Entscheidungsfall dazu gezwungen ist, sich mit der Gewichtung der einzelnen Faktoren auseinander zu setzen. In einer Simulation müssen deshalb repräsentative

Nutzenfunktionen für Teilgruppen der Büronutzer gebildet werden. Es bestehen also folgende empirische Aufgaben:

- Es müssen sinnvolle Gruppen gebildet werden.
- Für diese Gruppen müssen Nutzenfunktionen geschätzt werden.

Ziel der Gruppenbildung ist es, Nutzer mit ähnlichen Standortanforderungen zu gruppieren. Die Gruppierungsregel darf aber ausschließlich auf die nutzerspezifischen Eigenschaften aufbauen und nicht auf die standortspezifischen, denn über letztere entscheidet ja dann die Nutzenfunktion. Dabei hängt die Situation natürlich entscheidend davon ab, welche Informationen über die Nutzer überhaupt bekannt sind. In vielen Fällen gibt es über die Nutzer so wenige Informationen, dass einfach für jede der bekannten Nutzergruppen eine Funktion geschätzt wird. Dies ist bspw. bei WADDEL / ULFARSSON (2002, 11) der Fall: Die Betriebsdaten liegen in 14 Gruppen vor, entsprechend werden 14 Gleichungen geschätzt. Etwas Ähnliches ergibt sich, wenn man die Systematik der BulwienGesa AG mit den fünf Betriebstypen *global players, local dinosaurs, business community, new economy* und *city services* (vgl. SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND IHK ZU BERLIN 2001, 27) verwenden würde.

Sind mehrere Informationen über die Nutzer vorhanden, so ist es sinnvoll, diese nicht nach willkürlichen Kriterien in Gruppen mit sinnvoller Größe für die ökonometrische Schätzung zu fusionieren, sondern tatsächlich Untergruppen gleicher Betriebseigenschaften mit anderen Untergruppen ähnlicher Standortwahl zusammenzufassen. Hierfür bietet sich das Verfahren der Clusteranalyse an, welches in Kapitel 15.4.4 angewandt wird und dort auch näher beschrieben wird. Allerdings ist eine gewisse Pragmatik vonnöten. Die Zahl der Untergruppen (jeweils eine für Nutzer mit vollständig gleichen Eigenschaften) kann so groß sein, dass in vielen dieser Untergruppen nur wenige Fälle vorhanden sind. Deren Standortwahl ist natürlich nicht repräsentativ und so muss auf einer höher aggregierten Ebene angesetzt werden.

Variante I: Kalibrierung anhand eines Bestandssamples

Eine erste Möglichkeit der Schätzung von Nutzengewichten ist eine simple Kalibrierung anhand der derzeitigen Standortaufteilung. Dabei werden die Nutzengewichte der einzelnen Nutzergruppen induktiv gewählt und iterativ so verändert, dass sich bei einem Start mit lauter leeren Gebäuden und Standort suchenden Nutzern nach einigen Simulationsschritten annähernd der Status quo ergibt (vgl. MOECKEL / SCHÜRMANN / WEGENER 2002). Hier ist allerdings KOENIG (2007) in seiner Argumentation zu folgen, dass städtische Systeme grundsätzlich equifinal sind. D.h. unter Eingabe verschiedener Anfangs- und Kalibrierungsparameter kann grundsätzlich das gleiche Ergebnis herauskommen. Es ist also nicht gewährleistet, dass selbst für die Vergangenheit die Wahl der Nutzengewichte richtig war.

Variante II: Standortwahl als Wahrscheinlichkeit

- Eine Möglichkeit, welche der ökonometrischen Schätzung aus ex-post-Daten zugänglich ist, stellt der Einsatz von Wahrscheinlichkeitsfunktionen dar. Dabei zieht jeder Nutzer mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit an einen zur Auswahl gestellten Standort. Die Wahrscheinlichkeit ist abhängig davon, wie stark Nutzer und Gebäude zusammen passen. Es sollte sich also für eine Bank, welche ein Gebäude im Frankfurter Bankenviertel „angeboten" bekommt, eine deutlich höhere Wahrscheinlichkeit zum Einzug ergeben als für eine Lösung an der Peripherie.

- Die Simulation spielt grundsätzlich für jeden Nutzer auf Standortsuche verschiedene Möglichkeiten durch (Monte-Carlo-Simulation). Die Wahrscheinlichkeit zur Wahl des Standorts wird anhand eines Datensamples mit tatsächlichen Standortentscheidungen und ergänzten nicht gewählten Standortentscheidungen mit einer binär-logistischen Regressionsfunktion geschätzt:

  (Gl. 9-6) $\hat{y} = \beta_0 + \sum_n \beta_n x_n$

  mit Logit $\hat{y}$, zu schätzenden Koeffizienten β_n, zu schätzender Konstante β_0, Merkmalen des Standorts/ der Immobilie x_n

Ein Datensample vergangener Einzüge zur Schätzung der binär-logistischen Regressionsfunktion hat das Problem, dass es zunächst nur aus gewählten Standorten besteht (mit erklärter Variable y = 1). Für die Schätzung der Funktion sind aber Datensätze vonnöten, bei denen die zu erklärende Variable *y* teilweise den Wert 0 und teilweise den Wert 1 annimmt. WADDELL ET AL. (2002, 12) fügen deshalb eine Zufallsauswahl von neun nicht gewählten Standorten hinzu. Warum diese Anzahl gerade neun beträgt, wird nicht erklärt. Sie muss allerdings klein genug sein, damit die tatsächlich gewählten Standorte nicht völlig in der Unterzahl sind und groß genug, damit auch genügend nicht-gewählte Standorte im Sample enthalten sind, die den gewählten ähnlich sind (nur so kann eine realistische Abschätzung der Parameter erfolgen).

Bei der Simulation spielt die Reihenfolge der Nutzer eigentlich keine große Rolle für das Ergebnis und kann deshalb wie bspw. in WADDELL (2002, 12) durch eine einfache Zufallsreihenfolge operationalisiert werden (theoretisch kann deshalb ein Nutzer, der früher an der Reihe ist, einem anderen ein Gebäude „vor der Nase wegschnappen“, dies dürfte aber kaum zu massiven Abweichungen von der Realität führen).

- Entscheidend sind jedoch die Auswahl bzw. die Reihenfolge der Standorte, die jedem Nutzer zur Entscheidung vorgelegt werden:

- Stellt man der Reihe nach verschiedene Standorte zur Auswahl mit den zwei Möglichkeiten Annahme oder Ablehnung, so könnten theoretisch die Logits über die Formel

  (Gl. 9-7) $p(Auswahl) = \frac{1}{1 + e^{-\hat{y}}}$

  in Wahrscheinlichkeiten *p* transformiert werden. Allerdings werden so früh angebotene Gebäude mit massiv höherer Wahrscheinlichkeit bezogen. BENENSON / TORRENS (2004, 168) bringt hierfür ein anschauliches Beispiel: Beträgt die Wahrscheinlichkeit für den ersten 0,9 und für den zweiten 0,8, so wird der zweite nur noch mit (1 - 0,9)*0,8 = 0,08 (Vorsicht, Rechenfehler in der Quelle!) gewählt. Die genannten Autoren schlagen deshalb alternative Heuristiken vor, um die Bedeutung der Sortierreihenfolge zu senken.

- Alternativ kann eine parallel zwischen mehreren (oder sogar allen) möglichen Standorten ausgewählt werden. Hierzu müssen die Logits aller Wahlmöglichkeiten so umgerechnet werden, dass sich für die Summe aller Wahlmöglichkeiten der Wert 1 ergibt. Dieses Verfahren greift auf die *discrete choice theory* mit den *random utility maximizing models* von MCFADDEN zurück (für den Wohnungsmarkt siehe MCFADDEN 1978, knappe Darstellungen unter WADDELL / ULFARSSON 2002, 4). Demnach errechnet sich die

Wahrscheinlichkeit *p* für Standortalternative *i* unter allen Alternativen *k* durch:

$$(Gl.\ 9\text{-}8) \qquad p(i) = e^{\hat{y}_i} \Big/ \sum_k e^{\hat{y}_k}$$

Dies entspricht der Transformationsfunktion des multinomialen Logit-Modells. Die Logits können dabei durch die entsprechende Regressionsfunktion geschätzt werden.

Funktion des Preises in den Schätzgleichungen

Sowohl bei der Kalibrierung der Nutzengewichte als auch bei der Schätzung der binär-logistischen Regressionsfunktion sollte der Preis ein erklärender Faktor sein (geringer Preis entspricht höherem Nutzen). Die oben angesprochene Alternative – die Annahme einer Budgetbeschränkung – lässt sich empirisch kaum bestimmen. Allerdings tritt nun bei der Regressionsschätzung das Problem auf, dass der Preis ja bereits eine Funktion aus Lage- und Gebäudeparametern ist (hedonisches Preismodell). Auch wenn die Nutzenfunktionen gegenüber dem hedonischen Preismodell die Präferenzen einzelner Nutzerteilgruppen modellieren und nicht diejenigen des Gesamtmarktes, so bestehen hier doch Abhängigkeiten, welche bei der Schätzung der Nutzenfunktionen als Multikollinearitäten zu Tage treten. Diesem Problem kann durch folgende Ansätze begegnet werden:

- Die Preise werden völlig außen vor gelassen. RUPPERT / WÜRDEMANN (1979, 100 f.) erklären in ihrem kombinierten Baulandnutzungs- und Standortallokationsmodell (es gibt keinen Leerstand) die Standortwahl bspw. nur durch einen Erreichbarkeitsparameter (Zahl der Arbeitsplätze innerhalb eines gewissen Umkreises) sowie das Baulandangebot der entsprechenden Zone. In diesem Fall ist dies kritisch, da es nur eine Nachfragergruppe gibt. Die Projektentwickler (= Nutzer) wählen somit immer zuerst die attraktivste Fläche unabhängig von ihrem Preis. Diese Annahme setzt voraus, dass die Inhaber von attraktivem Bauland dieses immer sofort entwickeln wollen und notfalls die Preise bis auf das Niveau schlechterer Lagen senken. Gibt es keine Spekulation mit Bauland, so ist die Annahme realitätsnah. Bei der Standortwahl mit verschiedenen Nutzergruppen ist der Verzicht auf Preise hingegen denkbar, da die Präferenzen der Gruppen für unterschiedliche Standorte implizit auch das Preisniveau dieser Standorte einschließen.

- Denkbar ist auch die (partielle) Streichung der Gebäude- und Lageparameter zugunsten der Preise. In diesem Fall lautet die Aussage: Jede Nutzergruppe besitzt eine spezielle Affinität zu einem gewissen Preissegment.

- Die Multikollinearitäten werden in Kauf genommen. WADDELL / ULFARSSON (2003, 6) beziehen die Baulandpreise mit ein, erörtern das Multikollinearitätsproblem dann aber beim statistischen Zusammenhang zwischen Erreichbarkeitsparametern (z.B. Nähe zum Zentrum und Nähe zum Flughafen) mit dem Statement: „*Nevertheless, including these correlated variables improved the goodness of fit of the model.*“

Im Einzelfall ist das Multikollinearitätsproblem anhand der jeweils empirisch geschätzten Werte zu diskutieren.

Während RUPPERT / WÜRDEMANN (1979, 101) mit dem regressionsanalytischen Vorgehen Ergebnisse nur für Wohnen errechnen, finden WADDELL / ULFARSSON (2003) mit einer Unterteilung der Nutzergruppen in 14 Branchen viele Einflussfakto-

ren. Mehrheitlich signifikant sind die Variablen: Arbeitsplätze der eigenen oder spezieller anderer Branchen in 600 m Umkreis, dominante Nutzung der jeweiligen Rasterzelle (Dummies), Reisezeit zum *central business district* und zum Flughafen, Dichteeffekte (Zahl der Wohn- und Gewerbeeinheiten pro Rasterzelle), Bodenpreisniveau und Entfernung zur Autobahn.

9.2.5 Wertung und Ausblick

Die Mikrosimulation ist ein auf den ersten Blick hochkomplexes Verfahren, welches v.a. unter dem Nachteil leidet, dass zwar die Schätzung der Gleichungen wie in allen anderen stadtökonomischen Modellen auch methodisch machbar ist, die Hochrechung in mehreren Iterationen sich jedoch deutlich komplizierter darstellt. Hierzu ist ein geeignetes Simulationsprogramm notwendig, welches der stochastischen und dynamischen Komponente des Modells ausreichend Rechnung trägt.

Dabei bietet die Mikrosimulation jedoch den großen Vorteil, dass die Schätzungen der Bewegungsgleichungen auch mit Stichproben funktionieren. Das Erfordernis an Eingangsdaten bezieht sich somit nicht auf eine Komplettkartierung über mehrere Zeitpunkte, sondern nur auf eine Startpopulation sowie ein repräsentatives Umzugs-, Fortzugs- und Zuzugssample. Dies ist insbesondere in der Büroflächenmarktanalyse wertvoll, da hier im Regelfall kaum gute Aggregatdaten vorliegen und erst recht keine vollständigen Mikrodaten.

Für den Start der Simulation ist jedoch eine Startpopulation nötig. Diese besteht im Idealfall natürlich aus einem vollständigen Mikrodatensatz über alle Bürogebäude und alle in diesen Gebäuden enthaltenen Nutzer. Im Büromarkt ist dies unrealistisch. Es bietet sich an, entweder eine synthetische Population zu generieren oder Kategorien unbekannter Nutzer und unbekannter Gebäude mit durchschnittlichen Eigenschaften hinzuzufügen. Dieses Thema wird in Teil D nochmals am konkreten Stuttgarter Beispiel diskutiert.

Einen weiteren Vorteil der Mikrosimulation sehen BENENSON / TORRENS (2004, 10) in der besseren Vermittelbarkeit in der Öffentlichkeit, da die Identifikation mit einem beispielhaft präsentierten Agenten sicherlich höher ist als mit schwer zu visualisierenden Stromgrößen.

Nicht zuletzt leistet die Mikrosimulation eine kleinteilige Regionalisierung, in der für beliebige Flächenumgriffe Schätzergebnisse abgefragt werden können.

In der Büromarktanalyse ist die Mikrosimulation als Methode derzeit nicht präsent. Vor dem Hintergrund der Schwächen der Längsschnitt-Marktmodelle und der hedonischen Preisanalyse ist es sinnvoll, das Konzept zumindest vergleichsweise zu testen. Aus diesem Grund wird in Kapitel 10.3 eine spezielle Büromarkt-Mikrosimulation für die Nachfrageseite aufgestellt.

Bei der Anwendung der Mikrosimulation stellt sich primär die Frage, ob man komplett neu programmiert (bspw. in einem Open-Source-GIS oder in einem proprietären GIS unter Nutzung vorgegebener Routinen, vgl. zu dieser Frage Kapitel 6.3). Alternativ könnte man bestehende Mikrosimulationen anpassen. Hierbei besteht jedoch das Problem, dass viele Simulationstools nicht-räumlicher Natur sind und Modelle wie UrbanSim die bereits angesprochene „Mitmodellierung“ diverser anderer Fragestellungen erfordert.

9.3 Weitere Größen

Auch der Projektentwicklungsmarkt und damit die Größe Neubau könnte über Mikrosimulationen bearbeitet werden – indem bspw. Flächenentwicklungen durch bestimmte Übergangswahrscheinlichkeiten von Bauland zu Gebäuden oder von Leerstand zu *refurbishment* modelliert werden. Da diese angebotsseitige Modellierung aber bereits auf Makroebene eher die Ausnahme ist (vgl. MCDONALD 2002), wird hier darauf verzichtet und davon ausgegangen, dass die Angebotsseite anhand des konkreten Wissens über Flächenausweisungen und Projektentwicklungen bzw. als Durchspielen verschiedener Szenarien manuell in Simulationen eingegeben wird.

Neben den Preisen spielen auf der Mikroebene die tatsächlichen Leerstände bzw. – bei der Prognose für die Zukunft – die Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten von Leerstand eine Rolle. Auf diese Fragestellung kann das hedonische Preismodell übertragen werden, eine nähere Erläuterung folgt in Kapitel 10.2.2.

10 Vorschläge zur Modellierung des Büroflächenmarktes

Vergleicht man die in den vorangegangenen Kapiteln dargestellten theoretischen Ideen und empirischen Umsetzungsmöglichkeiten, so fällt abgesehen von unterschiedlichen fachlichen Blickwinkeln und Methoden v. a. auf, dass die detaillierte Untersuchung zu Einzelparametern sehr unterschiedlich ausgeprägt ist. Während die planerisch-geographische Seite im Wesentlichen mit der Verbesserung von Bestandsaufnahmetechniken (z.B. Flächen, Beschäftigte) und ein vollständiges Abbild des Bestandes und der Inanspruchnahme anstrebt, geht es der ökonometrischen Seite um die dynamische Modellierung, bei der trotz zweifelhafter Eingangsdaten die Erkenntnis statistischer Zusammenhänge mit Stichprobendaten angezielt wird. Das Vorhandensein dieser unterschiedlichen Ansätze bietet die Chance, die Methoden so zu verknüpfen, dass ein gegenseitiger Erkenntniszugewinn erreicht werden kann.

Im Folgenden werden deshalb auf der Basis der in Kapitel 8 und 9 beschriebenen Modelle eigene Vorschläge gemacht. Dabei sind die Anpassungserfordernisse je nach Situation und Herkunft der Vorbildmodelle unterschiedlich groß:

- In Einzelfällen können bestehende Konzepte komplett übernommen werden (z.B. bei der hedonischen Preisanalyse). In diesem Fall wird lediglich auf die obigen Kapitel verwiesen, um Wiederholungen zu vermeiden.
- Die hedonische Methode lässt sich auf einen anderen Untersuchungsgegenstand – den Leerstand – übertragen. Hier sind allerdings methodische Anpassungen und Abwägungen notwendig.
- Modelle wie das von ROSEN (1984) sind grundsätzlich verwendbar, es sind jedoch Anpassungen für die Situation in Deutschland und die hier verfügbaren Eingangsdaten notwendig.
- Modelle wie die Mikrosimulation des Standortwahlverhaltens müssen auf die bürospezifischen Aspekte angepasst werden. Hier sind relativ große Umstrukturierungen notwendig. Es werden mit Absicht verschiedene Alternativen präsentiert, um je nach Eingangsdatensituation flexibel sein zu können.

10.1 Längsschnittmodelle auf der Makroebene

Die folgenden Modelle sind Längsschnittmodelle, die wahlweise die Entwicklung des gesamten Marktes prognostizieren oder nach Teilmärkten differenzieren. Trotz ihrer eher ökonomischen Provenienz erscheint eine Anwendung in der Planung (mit der Zielvariablen „prognostizierter Neubau“) sinnvoll.

10.1.1 Modell für einen Gesamtmarkt

Der Modellvorschlag für einen Gesamtmarkt, d.h. im Regelfall eine Stadt oder Stadtregion, ähnelt stark dem Basismodell von ROSEN (1984). Ziel ist die Schätzung von Angebot (Neubau) und Nachfrage (Nettoabsorption) für die Folgeperiode in Abhängigkeit von den Marktparametern der aktuellen Periode.

Aufgrund der schwer wiegenden Umsetzungsprobleme wird hier im Gegensatz zu ROSEN (1984) die natürliche Leerstandsrate als Erklärungsfaktor weggelassen. Im Unterschied zu den meisten Referenzmodellen, die auf der Nachfrageseite die

Inanspruchnahme als Bestandsgröße und auf der Nachfrageseite das Neubauvolumen als Stromgröße verwenden, wählt diese Arbeit einheitlich Stromgrößen, d.h. Veränderungen von einer Periode zur nächsten. Zum einen ist diese Einheitlichkeit stringenter. Zum anderen – hier sei ein Ergebnis des empirischen Teils vorweggenommen – ergibt sich bei der Modellierung der Bestandsgrößen Inanspruchnahme und Büroflächenbestand das Problem der Autokorrelation der Residuen.

Gegenüber ROSEN (1984) hinzugefügt wird die Angebotsseite, eine Funktion für den Abriss sowie die Annahme einer zyklenbereinigten Flächenkennzifferentwicklung, die eine Mitmodellierung von langfristigen Entwicklungen wie die Erhöhung des Anteils qualifizierter Beschäftigter, die Flächenrationalisierung durch *desk sharing* oder andere Trends möglich macht. Der Vorteil dieses Vorgehens liegt darin, dass langfristige und kurzfristige Entwicklungen überlagert betrachtet werden können. Dies erscheint wichtig, da Erkenntnisse über die Folgen bestimmter Marktzustände aus der kurzfristigen Modellierung (bspw. der Zusammenhang zwischen Leerstand und Miethöhe) auf längerfristige Phänomene wie den Arbeitsplatzabbau durch Verlagerung in Billiglohnländer oder den demographischen Wandel übertragen werden können.

Theoretisch kann das eben diskutierte Modell natürlich für beliebig große Einheiten (mehrere wichtige Metropolen, eine Stadt, ein Stadtviertel) verwendet werden. Die Grenze wird im Regelfall jedoch durch die Verfügbarkeit der Daten vorgegeben.

Bei der Fortschreibung ist der Parameter der Beschäftigungsentwicklung exogen, so dass mit ihm verschiedene Szenarien durchgespielt werden können. Der Parameter des Neubaus kann fakultativ als exogen angesehen werden. Hierdurch wird die Möglichkeit eröffnet, die Wirkung von Flächenausweisung durch die Planung oder Neubauentscheidungen durch Bauträger auf den Gesamtmarkt testweise durchzuspielen.

(Gl. 10-1) $NABS_{t+1} = f(\Delta BB_t; M_t; FKZ_t)$

(Gl. 10-2) $M_t = f(leer_t)$

(Gl. 10-3) $leer_t = (BEST_t - IASPR_t) / BEST_t$

(Gl. 10-4) $BEST_t = BEST_{t-1} + NEUB_t - ABR_t$

(Gl. 10-5) $NEUB_t = f(leer_{t-lag}; M_{t-lag}; BAUKO_{t-lag}; ZINS_{t-lag}; STEU_{t-lag})$

(Gl. 10-6) $ABR_t = f(BEST_{t-1}; leer_{t-1})$

mit NABS = Nettoabsorption in m² ;
BB = Zahl der Bürobeschäftigten; M = Miete in € ;
FKZ= Zyklenbereinigte Flächenkennziffer ; leer = Leerstandsquote in %
t = aktuelle Periode; t+1 = Folgeperiode
BEST = Bestand in m²; BAUKO = Baukosten in / m²
ZINS = Zinshöhe; STEU = Steuerliche Faktoren

10.1.2 Modell für einen Gesamtmarkt und mehrere Teilmärkte

Der Regelfall ist, dass die Eingangsdaten auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen relevant sind und oft auch nur bis zu einer gewissen Ebene statistisch erfasst werden. Beispielsweise ist eine Erfassung der Bürobeschäftigten auf Ebene der Stadtviertel weder statistisch möglich noch (angesichts der Mobilität des Faktors Arbeit) sinnvoll. Im folgenden Modellansatz werden deshalb Teilmarkt- und Aggregatgrößen sinnvoll miteinander kombiniert. Dadurch wird der Verteilungsmechanismus einer Gesamtnachfrage auf die einzelnen Regionen ökonometrisch geschätzt, es bleiben Annahmen erspart.

(Gl. 10-7) $NABS_{t+1, TM} = f\,(BB_{t, GM}; M_{t, TM}; FKZ_{t, GM}; TM)$

(Gl. 10-8) $M_{t, TM} = f\,(leer_{t, TM}; leer_{t, GM}; TM)$

(Gl. 10-9) $leer_{t, TM} = (BEST_{t, TM} - IASPR_{t, TM}) / BEST_{t, TM}$

(Gl. 10-10) $BEST_{t, TM} = BEST_{t-1, TM} + NEUB_{t, TM} - ABR_{t, TM}$

(Gl. 10-11) $NEUB_{t, TM} = f\,(leer_{t-lag}; M_{t-lag, TM}; BAUKO_{t-lag, GM}; ZINS_{t-lag, GM}; STEU_{t-lag, GM}; TM)$

(Gl. 10-12) $ABR_{t, TM} = f\,(BEST_{t-1, TM}; leer_{t-1, TM})$

mit $NABS_{TM}$ = Nettoabsorption in m² im Teilmarkt
BB_{GM} = Zahl der Bürobeschäftigten im Gesamtmarkt
M_{TM} = Miete in € im Teilmarkt
FKZ_t= Zyklenbereinigte Flächenkennziffer
TM = Teilmarktspezifische Variable (Zonendummies / Umfeldvariablen)
leer = Leerstandsquote in %

GM = Gesamtmarkt;	TM = Teilmarkt
t = aktuelle Periode;	t+1 = Folgeperiode
BEST = Bestand in m²;	BAUKO = Baukosten in € / m²
ZINS = Zinshöhe;	STEU = Steuerliche Faktoren

Um den Bestand, die Nettoabsorption, den Neubau und den Abriss auf Ebene des Gesamtmarktes zu errechnen, müssen die Werte der Teilmärkte addiert werden. Bei der Leerstandsquote und der Miete müssen gewichtete Durchschnitte über alle Teilmärkte berechnet werden.

Bei der empirischen Schätzung des Modells können die Teilmärkte so klein gewählt werden, wie Daten vorhanden sind. Problematisch ist in den meisten deutschen Städten die Generierung ausreichend langer Zeitreihen.

Anwendbar wäre das Modell insbesondere dann, wenn die Bemühungen zur Bestandserfassung von Bürogebäuden keine einmaligen Aktionen blieben, sondern kontinuierlich auf Gebäudeebene in Geoinformationssystemen fortgeschrieben würden. In diesem Fall könnten Bestände, Leerstände, Nettoabsorption, Neubau, Abriss, Qualität und Lageparameter jeweils aktuell aus dem Geoinformationssystem ausgelesen werden.

Problematisch ist die Situation bei qualitativen Teilmärkten, hier liegen quasi keine Daten vor, auch wenn das Modell prinzipiell in der Lage ist, räumliche und qualitative Teilmärkte abzubilden. Größter Unterschied zum rein regional segmentierten Modell ist, dass Gebäude in der Lage sind, ihren qualitativen Teilmarkt zu wechseln, bspw. wenn sie durch Überalterung eine Qualitätsstufe zurückfallen oder durch Sanierung aufsteigen.

10.1.3 Qualitative Teilmärkte: Differenzierung zwischen Neubauleerstand und Sockelleerstand

Angesichts der Tatsache, dass es aus Mangel an Daten nicht möglich ist, das im vorangegangenen Abschnitt erläuterte Modell für *qualitativ* segmentierte Teilmärkte anzuwenden, sei im folgenden ein Vorschlag gemacht, der einerseits berücksichtigt, dass es einen Unterschied zwischen gerade fertig gewordenem Leerstand und überalterten Sockelleerständen gibt, andererseits für diese beiden Größen als Eingangsdaten nur eine einmalige Aufteilung und keine Zeitreihe benötigt:

(Gl. 10-13) $NABS_{t+1} = f\,(BB_t; M_t; FKZ_t)$

(Gl. 10-14) $M_t = f\,(neuleer_t; altleer_t)$

Nun wird die Annahme getroffen, dass alle Umzüge entweder in den noch übrigen Neubauleerstand der Vorperiode oder in den gerade fertig gewordenen Neubauleerstand der aktuellen Periode führen. Es muss berücksichtigt werden, dass unter Umständen mehr Nachfrage als Neubauleerstand vorhanden ist (diese muss mit älterem, evtl. auch gerade eben frei gewordenem Leerstand vorlieb nehmen) und ein Teil der Nachfrager ihre bisherigen Büroflächen frei ziehen, die dann (soweit sie nicht direkt im Rahmen eines Filtering-Prozesses neue Mieter finden) in den Altbauleerstand eingehen.

(Gl. 10-15) $neuleer_t =$

$$= \begin{cases} 0, falls\ UMS_t > neuleer_{t-1} + NEUB_t \\ neuleer_{t-1} + NEUB_t - UMS_t, falls\ UMS_t < neuleer_{t-1} + NEUB_t \end{cases}$$

(Gl. 10-16) $altleer_t =$

$$= altleer_{t-1} - ABR_t + min(neuleer_{t-1} + NEUB_t; UMS_t) - NABS$$

Hier wird davon ausgegangen, dass beim Vorhandensein umfangreicher Neubauleerstände alle Umzugswilligen auch in diese einziehen. Eine sofortige Belegung aller Neubauleerstände findet jedoch nicht statt, da dies durch die Umsatzfunktion limitiert wird. Sie wird ökonometrisch aus Zeitreihendaten geschätzt:

(Gl. 10-17) $UMS_t = f(\Delta BB_t; neuleer_{t-1} + NEUB_t; M_t)$

Die Nettoabsorption wird als Prozentsatz des Umsatzes geschätzt:

(Gl. 10-18) $NABS = nabs\% * UMS$

(Gl. 10-19) $nabs\%_t = f(UMS_t; \Delta BB_t; M_t)$

Die Gleichungen für die Schätzung von Neubau und Abriss bleiben identisch zum vorherigen Abschnitt, allerdings wird nach den Leerstandskategorien differenziert.

(Gl. 10-20) $NEUB_t = f(neuleer_{t\text{-}lag}; M_t; BAUKO_{t\text{-}lag}; ZINS_{t\text{-}lag}; STEU_{t\text{-}lag})$

(Gl. 10-21) $ABR_t = f(BEST_{t\text{-}1}; altleer_{t\text{-}1}; neuleer_{t\text{-}lag})$

Der Abriss hängt auch deshalb vom Neubauleerstand ab, weil überalterte Büroflächen in Zeiten von Angebotsengpässen eher Nachfrager finden als in Zeiten hoher Neubauleerstände.

10.2 Statische Querschnittmodellierung auf der Mikroebene

Die statistischen Querschnittmodelle dienen primär dazu, aus einem bekannten Sample (Bürogebäude) auf andere Datensätze zu schließen, von denen nur die erklärenden Variablen, nicht jedoch die erklärte Variable, bekannt sind. Die Modelle erlauben eine tiefe Regionalisierung für den aktuellen Zeitpunkt. Inwieweit eine anhand der erklärten Variablen stattfindende Zuordnung zu Teilmärkten Bestand in der Zukunft hat, sei dahingestellt – einen Anhaltspunkt gibt es in jedem Fall. Dies betrifft insbesondere die im Folgenden vorgeschlagene Übertragung der hedonischen Methode auf die Schätzung der Leerstandswahrscheinlichkeit.

10.2.1 Hedonische Preisanalyse

Die hedonische Preisanalyse ist ein inzwischen auch in der Immobilienwirtschaft eingeführtes Verfahren zur Bestimmung der Marktpreise von heterogenen Gütern, welches im Regelfall für Querschnittsdaten oder für Paneldaten mit Periodendummies eingesetzt wird (vgl. Kapitel 9.1). Aus diesem Grund ist es hier in der Vorschlagsliste nur der Vollständigkeit halber aufgenommen, zusätzliche eigene theoretische Ansätze über bestehende Konzepte hinaus sind hier jedoch nicht nötig. Es sei also auf die Darstellung der bestehenden Konzepte in Kapitel 9.1 verwiesen.

10.2.2 Übertragung der hedonischen Methode auf die Leerstandswahrscheinlichkeit

Durch die Herkunft des Verfahrens aus dem Automobilmarkt und die vielfache Anwendung des Modells auf dem Wohnungsmarkt wird die hedonische Preisanalyse jedoch einem wichtigen Aspekt des Büromarktes nicht gerecht. Wie das Makromodell bereits zeigte, reagieren die Büroflächenmärkte auf hohes Angebot und niedrige Nachfrage nicht mit einem Preisverfall (der angesichts der niedrigen Preiselastizität der Nachfrage auch nichts bringen würde), sondern mit Leerständen. Diese sind in großem Ausmaß weder für Investoren, noch für Stadtplanung und Standortpolitik wünschenswert. Über die Gründe, warum an welcher Stelle Leerstände auftreten, existieren nur Thesen, bspw. die Folgenden:

- Schlechte Bausubstanz, veraltete Technik und unglückliche Grundrisse als Entscheidungsgründe der Nutzer gegen ein Gebäude sind v.a. ein Manko der Bürogebäude der 60er und 70er Jahre
- In Phasen des Abschwungs existiert umfangreicher Neubauleerstand, der erst in den folgenden Jahren wieder abgebaut bzw. durch Umzüge von alten Gebäuden in neue „verschoben“ wird.
- Leerstände clustern sich. Treten an einer Stelle gehäuft Leerstände auf, so wertet dies das Viertel ab und erhöht die Leerstandswahrscheinlichkeit im Umfeld.

Diese hier beispielhaft genannten Einflussfaktoren räumlicher und baulicher Natur decken sich im Wesentlichen mit den Einflussfaktoren, welche in der hedonischen Preisanalyse zur Erklärung des Preises herangezogen wurden. Insofern liegt es eigentlich nahe, das Konzept der hedonischen Preisanalyse auf Leerstände zu übertragen – auch wenn es hierzu zumindest auf Gebäudeebene keine Veröffentlichungen zu finden sind (für die Stadtviertelebene vgl. NADALIN / IGLIORI 2007). Bei der Wahl der erklärten Variablen sind jedoch methodische Aspekte zu beachten:

- Eine Wahl des Absolutwertes des Leerstandes (in einem Gebäude, Baublock, Stadtviertel) ist wenig sinnvoll, da dieser Wert zu stark von der Größe des Bestandes abhängt. In einem großen Bürokomplex kann natürlich auch mehr leer stehen als in einem kleinen – für diese Erkenntnis benötigt man kein statistisches Modell.
- Deshalb sei vorgeschlagen, eine binär-logistische Funktion zu schätzen. Bei dieser hat die erklärte Variable y in der Stichprobe nur die Ausprägungen 0 (Kein Leerstand im Gebäude) und 1 (Leerstand im Gebäude – unabhängig vom Ausmaß des Leerstandes). Die Funktion wird analog zur linearen Regression geschätzt (allerdings mit dem Maximum-Likelihood-Schätzer) und die Koeffizienten geben Auskunft über Signifikanz und Einflussstärke des Faktors auf die erklärte Variable.

$$(Gl.\ 10\text{-}22)\ \hat{y} = \beta_0 + \sum_n \beta_n x_n$$

mit Logit $\hat{y}$, zu schätzenden Koeffizienten β_n, zu schätzender Konstante β_0, Merkmalen der Immobilie x_n und Störterm ε

- Bei der Anwendung der Funktion ergeben sich nun drei Fälle: Der Schätzwert $\hat{y}$ für die erklärte Variable kann unter Null liegen, er kann zwischen Null und Eins liegen oder über eins. Klar ist, dass höhere Werte eine höhere Affinität zu Leerstand bedeuten. Das binär-logistische Regressionsmodell rechnet diese Werte nun mit der Logit-Transformation so um, dass sich die Ergebnisse nur auf dem Intervall *[0; 1]* befinden. Diese Werte können als Wahrscheinlichkeiten interpretiert werden („Wahrscheinlichkeit eines Gebäudes, leer zu stehen"). Die Formel für die Logit-Transformation lautet:

  $$(Gl.\ 10\text{-}23)\ p(Leerstand) = \frac{1}{1 + e^{-\hat{y}}}$$

  mit p = Leerstandswahrscheinlichkeit und $\hat{y}$ = Ergebnis der obigen Regression

  Für die Details zur Methodik sei auf BACKHAUS ET AL. (2000, 104 ff.) und GREENE (2000) verwiesen.

- Der Vorwurf an die eben erläuterte binär-logistische Regression lautet, dass geringfügige und umfangreiche Leerstände nivelliert werden zum schwarz-weiß betrachteten Auftreten von Leerstand. Aus diesem Grund könnte man auch die gebäude- oder stadtviertelbezogenen Leerstandsquoten (die sich alle im Intervall *[0; 1]* befinden) als erklärte Variable verwenden und dann eine reguläre lineare Regression schätzen. Da auch hier wieder Schätzwerte unter Null und über Eins resultieren können, wird die oben erläuterte Logit-Transformation analog durchgeführt. Bei Leerstandsquoten auf der Ebene von Stadtvierteln ist dieses Verfahren sinnvoll (vgl. NADALIN / IGLIORI 2007). Auf der Ebene der Gebäude ergibt sich das Problem, dass in normalen Städten oder Portfolios meist die Gebäude völlig ohne Leerstand *(y=0)* die Schätzung dominieren und leichte Differenzen bei der Leerstandsrate somit schnell dem Störterm zufließen. Eine auf Gebäude mit Leerstand über Null beschränkte Schätzung wird vermutlich aber wenig sinnvolle Ergebnisse bringen.

10.3 Mikrosimulation

Die vorliegenden Vorschläge für eine Mikrosimulation auf Gebäudeebene orientieren sich an den in Kapitel 9.2 dargestellten Erkenntnissen der Stadtsimulation. Zentraler Unterschied ist, dass als Standorte Bürogebäude gewählt werden. Dies geschieht vor dem Hintergrund, dass eine normale größere Stadt in der Regel weniger Bürogebäude hat als Rasterzellen im Falle einer ausreichend genauen Aufteilung. Zudem können bei einer Simulation auf Gebäudeebene ähnlich wie in der hedonischen Preisanalyse strukturelle Variablen des Gebäudes integriert werden, die bei einer Aggregation außen vor bleiben müssten. Die Definition des Bürogebäudes ist dann allerdings anhand der verfügbaren Eingangsdaten zu klären (für Stuttgart siehe Teil D).

Die folgende theoretische Darstellung startet mit einer Art Minimalvariante (Basisversion) der Simulation unter starken Annahmen, die dann schrittweise gelockert werden. Die Basisversion ist als Programm in *Visual Basic for Applications* in der Datenbank *MS Access* umgesetzt, der Code ist in Anhang 1 aufgeführt. Die empirische Anwendung erfolgt am Beispiel Stuttgart in Teil D. Hierbei sowie bei der Übertragung des Konzepts auf andere Städte ist dann jeweils zu klären, welche Erweite-

rungsschritte mit den vorhandenen Daten darstellbar sind und wo evtl. Schätzdaten oder synthetische Populationen eine höhere Simulationsstufe durchführbar sein lassen.

10.3.1 Die Basisversion

Schritt 1: Die Startpopulation

Es gibt die Menge G_t der Gebäude mit den Elementen $g \in G$. In jedem Gebäude befinden sich eine oder mehrere Flächeneinheiten $fe_g \in FE_g$. Die Menge aller Flächeneinheiten (gebäudeübergreifend) heißt *FE*.

Die Flächeneinheiten werden im Programm in der zentralen Tabelle A400 vorgehalten. Sie ist absichtlich schlank gehalten und verfügt nur über die Felder Nummer der *FE (*Feld *UNIT* im Programm*),* Adresscode des zugehörigen Gebäudes (Feld *HADRCOD* im Programm) und die Nummer des Nutzers, der die *FE* belegt (Feld *LFD* im Programm). Im Falle von Leerstand wird Null im Nutzerfeld gespeichert.

Jedes Gebäude verfügt über die Eigenschaften $gcha_g$. Sie orientieren sich am hedonischen Preismodell und umfassen strukturelle Eigenschaften des Gebäudes, Nachbarschaftsvariablen und Erreichbarkeitsattribute. Sie werden in einer separaten Gebäudetabelle (Tabelle A100 im Programm) gespeichert und können bei Bedarf über den Adresscode an jeden Nutzer geknüpft werden.

Die Nutzer zum Zeitpunkt *t* sind in der Menge N_t zusammengefasst und werden im Programm in der Tabelle A300 gespeichert. Sie haben jeweils die Charakteristika $ncha_n$ und gehören einer Nutzergruppe $ngru_n$ an. Die Charakteristika umfassen im Idealfall die Branche oder die Zahl der Beschäftigten. Die Informationen werden in der Nutzertabelle gespeichert. Die sinnvolle Einteilung der Nutzergruppen ist primär ein empirisches Problem und wird entsprechend in Teil D behandelt. Jeder Nutzer befindet sich zum Zeitpunkt *t* in genau einer Flächeneinheit und somit in genau einem Gebäude. Die Menge der Büronutzer in Gebäude *g* heißt N_g.

Die Menge der zum Zeitpunkt *t* durch Nutzer belegten Flächeneinheiten heißt FE_{Nt}. Die Menge der Leerstände heißt FE_{Lt}. Leerstand wird in der Basisversion der Simulation nur binär kodiert, d.h. eine Flächeneinheit steht leer oder nicht. Die Zahl der Flächeneinheiten in komplett leer stehenden Gebäuden bemisst sich nach folgender Regressionsformel, welche die Mächtigkeit der Menge FE_g schätzt anhand der Gebäudeeigenschaften:

(Gl. 10-24) $$\left|\hat{FE}_g\right| = \beta_0 + \sum_{gchar} \beta_{gchar} \cdot x_{gchar}$$

Die Frage, ob mit den vorhandenen Eingangsdaten alle Gebäude entweder mit Leerstand oder mindestens einem Nutzer „belegt“ werden können, ist empirischer Natur. Die Lösungsmöglichkeiten bestehen alternativ in der Generierung einer synthetischen Population oder in der Schaffung einer eigenen Nutzerkategorie $ngru_n$ = unbekannt. Hierauf wird im empirischen Teil D noch näher eingegangen.

Nun können pro Iteration auch Nutzer zuziehen. Diese Menge N_{Zu} wird zunächst als exogen behandelt (sie wird anhand der Ergebnisse des Makromodells aufgestellt). Somit ist ein manuelles Durchspielen verschiedener Szenarien durch den Planer möglich. Die Eigenschaften $ncha_n$ werden ebenfalls exogen vorgegeben. Der Nutzer erhält seine fortlaufende Nutzernummer *n.*

Daneben gibt es die Menge G_{ImBau} der Gebäude, die sich in Bau oder Planung befinden, mit den entsprechenden Flächeneinheiten $fe_{Im\,Bau} \in FE_{Im\,Bau}$. Sie befinden sich in zwei separaten Tabellen, die zunächst manuell vorgegeben werden (anhand der Ergebnisse des Makromodells und dem planerischen Wissen, in welcher Reihenfolge neue Bauflächen auf den Markt kommen). In den Tabellen gibt es ein zusätzliches Feld, in dem der Zeitpunkt *t+x* angegeben wird, zu dem das Gebäude fertig wird. Die Zahl der Flächeneinheiten nimmt hier einen Durchschnittswert an oder kann analog zu (Gl. 10-24) geschätzt werden.

Als Annahmen in der Basisversion der Simulation werden zunächst vorausgesetzt (und später schrittweise gelockert):

- Es wird nicht mitmodelliert, wie groß die zur Verfügung stehende Fläche in Leerständen ist (auch wenn hier teilweise Daten vorliegen) und auch nicht, wie groß die Fläche bzw. der Flächenanteil in einem Gebäude ist, den jeder Nutzer belegt (hierfür existieren selten Daten). Die beiden Aspekte sind stark gekoppelt, so dass entweder beides metrisch quantifiziert modelliert werden muss (vgl. Kapitel 10.3.2) oder keines von beiden.
- Daraus folgend kann für einen ausziehenden Nutzer oder in Leerständen in der Startpopulation immer nur genau ein Nutzer nachziehen – eine Spaltung oder Fusionierung der Flächeneinheiten wird nicht zugelassen.
- Die Eigenschaften der Nutzer und die Eigenschaften der Gebäude ändern sich nicht im Zeitablauf. Während diese Annahme bei den Nutzern noch tolerabel ist (da für die Modellierung von metrisch skaliertem Beschäftigungswachstum kaum Eingangsdaten existieren), sollte die Annahme bei den Gebäuden später gelockert werden, damit Veränderungen des Umfelds (neue Clusterbildung, neue Infrastrukturmaßnahmen) modelliert werden können (vgl. Kapitel 10.3.3).
- Jeder Büronutzer befindet sich in genau einem Gebäude g_n. Großnutzer, welche bekanntermaßen mehrere Gebäude belegen, werden vorerst als getrennte Nutzer modelliert. Diese Vereinfachung könnte durch eine komplexere Simulationsversion (vgl. Kapitel 10.3.4) wieder aufgegeben werden.
- Neubau von Gebäuden und Zuzug von Firmen werden exogen behandelt (vgl. Kapitel 10.3.5 und 10.3.6).

Schritt 2: Entscheidung über Verbleib oder Umzug jedes Nutzers

Zu Beginn des ersten Schrittes tritt für jedes Element aus N_t genau eines von drei Ereignissen ein: Nichts, Umzug oder Fortzug.

Die Menge der umziehenden (Büro-)Nutzer sei N_{Um}, die Menge der fortziehenden Nutzer sei N_{Fort}, die Menge der verbleibenden Nutzer sei N_{Nichts}.

Die Wahrscheinlichkeiten für die Zugehörigkeit werden für jeden Nutzer *n* bestimmt über eine multinomial-logistische Regression mit drei Auswahlvariablen oder zwei hintereinander geschaltete binär-logistische Regressionen (erst Veränderung – Nichts, dann Umzug – Fortzug). Somit existieren Schätzwerte für alle Konstanten und Koeffizienten β. Daraus können die Logits $\hat{y}$ errechnet werden und über die Anwendung der Transformationsfunktion die Wahrscheinlichkeiten *p*. Die empirische Ermittlung der Funktionen erfolgt in Teil D.

(Gl. 10-25) $\hat{y}_{Um} = \beta_0 + \sum_{nchar} \beta_{nchar} \cdot x_{nchar} + \sum_{gchar} \beta_{gchar} \cdot x_{gchar}$

(Gl. 10-26) $\hat{y}_{Zu} = \beta_0 + \sum_{nchar} \beta_{nchar} \cdot x_{nchar} + \sum_{gchar} \beta_{gchar} \cdot x_{gchar}$

(Gl. 10-27) $p(Um) = \frac{e^{\hat{y}_{Um}}}{e^{\hat{y}_{Um}} + e^{\hat{y}_{Zu}} + e^{\hat{y}_{Nichts}}}$

(Gl. 10-28) $p(Zu) = \frac{e^{\hat{y}_{Zu}}}{e^{\hat{y}_{Um}} + e^{\hat{y}_{Zu}} + e^{\hat{y}_{Nichts}}}$

Die Wahrscheinlichkeiten müssen nun für jeden Nutzer *n* berechnet werden. Anhand einer Zufallszahl wird das eintretende Ereignis vom Computer simuliert.

Ein wesentlicher Grund für einen Umzug ist das Wachstum einer Firma. Das Wachstum selbst wird jedoch nicht gesondert simuliert, sondern ist in der Umzugswahrscheinlichkeit enthalten.

Nicht berücksichtigt sind in vorliegenden Gleichungen Komplementäreffekte. Das Regressionsmodell geht grundsätzlich davon aus, dass die erklärenden Variablen unabhängig voneinander sind. Stellt sich heraus, dass Betriebe einer Kategorie genau dann umziehen, wenn gewisse Gebäudeeigenschaften zutreffen, so muss das Modell modifiziert werden. Beispielsweise könnte eine Dummyvariable für Komplementaritätseffekte eingeführt werden oder es werden – analog zur folgenden Standortwahlgleichung – verschiedene Gleichungen für verschiedene Nutzertypen geschätzt.

Schritt 3: Zusammenstellung der Nutzer auf Standortsuche

Die zu verteilende Menge der Bürobetriebe auf Standortsuche N_{Suche} *(mover pool)* ergibt sich wie folgt:

(Gl. 10-29) $N_{Suche} = N_{Zu} \cup N_{Um}$

Schritt 4: Zusammenstellung der vorläufig verfügbaren Plätze

Die von den Nutzern aus N_{Um} und N_{Fort} verlassenen Flächeneinheiten werden als $FE_{Freigezogen}$ bezeichnet.

Die Angebotsflächen $FE_{Verfügbar}$ ergeben sich also aus:

(Gl. 10-30) $FE_{Verfügbar} = FE_{Leer} \cup FE_{Freigezogen} \cup FE_{Im\ Bau}$

Schritt 5: Außenschleife für die Abhandlung jedes Nutzers auf Standortsuche

Die Elemente der Menge N_{Suche} werden in eine einfache Zufallsreihenfolge gebracht. Der Prozess startet mit dem ersten Nutzer $n_{Suche}=1$, ordnet ihm ein neues *g* zu, danach kommt Nutzer $n_{Suche}=2$ an die Reihe usw., bis $n_{Suche} = |N_{Suche}|$.

Schritt 6: Restriktion der Gebäudegröße und Zufallsauswahl

Da die Basissimulation nicht die Größe der in Anspruch genommenen Fläche pro Nutzer berücksichtigt, sollte sichergestellt werden, dass sehr große Nutzer nicht plötzlich in ein sehr kleines Gebäude ziehen und umgekehrt. Es wird deshalb maximal eine Halbierung oder Verdoppelung zugelassen. Für jeden Nutzer aus N_{Suche}

werden deshalb zunächst alle Einträge aus $FE_{Verfügbar}$ mit $0{,}5 < \frac{f_g}{f_n} < 2$ selektiert (wobei f_g die Geschossfläche des aktuell betrachteten Gebäudes ist und f_n die Geschossfläche des Gebäudes, welches der Nutzer vorher belegte). Bei $n \in N_{Zu}$ ist die Selektion nach der quantitativen Bedingung natürlich nicht möglich.

Aus der Selektionsmenge wird eine Zufallsstichprobe von zehn Elementen gezogen (wenn weniger als zehn Elemente die Bedingungen erfüllen, fällt die Stichprobenziehung weg). Sie werden Wahleinheiten $w \in W$ genannt.

Schritt 7: Standortallokation

Für den jeweiligen Nutzer werden nun die maximal zehn Standortalternativen bewertet. Hierzu kommen nutzergruppenspezifische Funktionen zum Einsatz:

(Gl. 10-31) $$\hat{y}_{ngru,w} = \beta_0 + \sum_{gchar} \beta_{gchar} \cdot x_{gchar,w}$$

Für die Schätzung der Gleichung werden gewählte Standorte ausgewertet (y = 1) und um nicht gewählte (y = 0) ergänzt. Näheres hierzu folgt im Empirieteil. Die Logits ŷ können dann über die Transformation in Wahrscheinlichkeiten umgerechnet werden:

(Gl. 10-32) $$p(g_{n,t+1} = w) = \frac{e^{\hat{y}w}}{\sum_{w} e^{\hat{y}w}}$$

Daraufhin wird über eine Zufallszahl $r \in [0;1]$ die Auswahl des entsprechenden *w* durchgeführt.

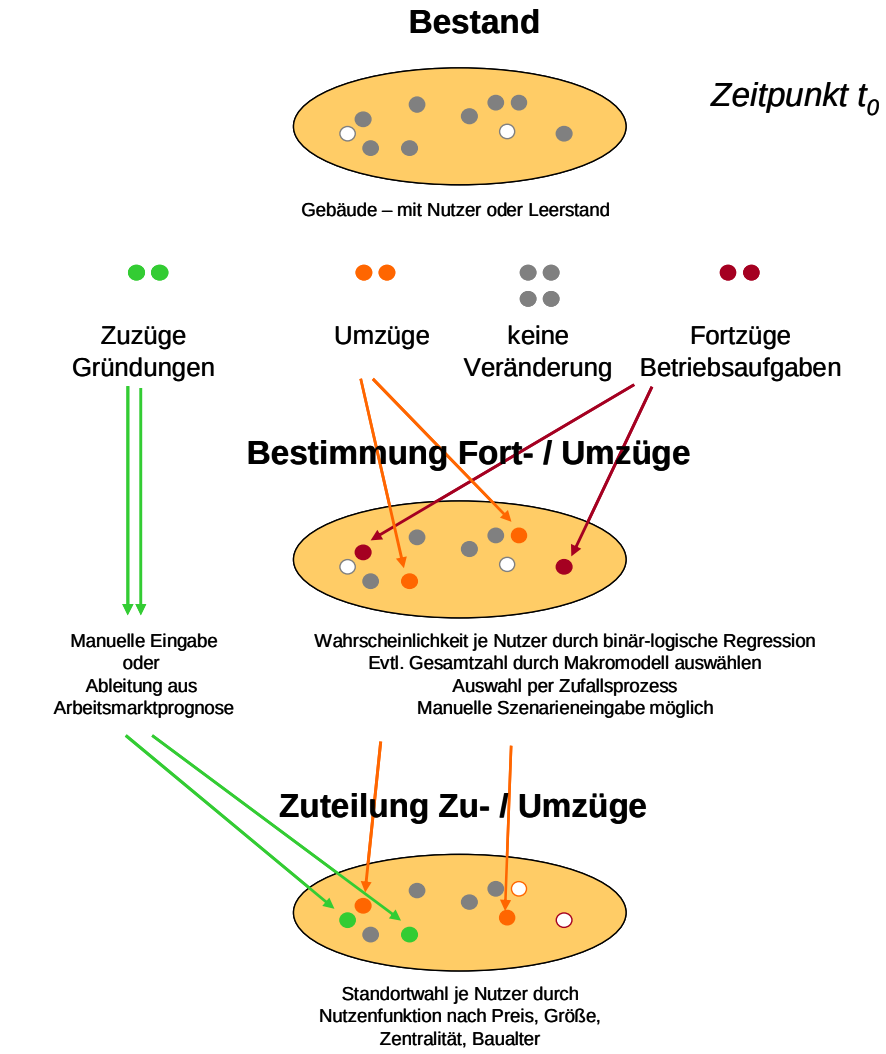
Schritt 8: Neubeschreibung der Felder in der Datenbank

Nun werden die Werte für die nächste Periode *t+1* aktualisiert. Der gerade bearbeitete Nutzer wird neu bei $fe_{n,t+1} = w$ registriert.

In der Tabelle mit den Angebotsflächen $FE_{Verfügbar}$ wird die gewählte Flächeneinheit *w* entfernt.

Der Prozess fährt nun gemäß Schritt 5 mit dem nächsten Nutzer fort, bis jeder Nutzer lokalisiert ist. Abb. 10-1 zeigt den Ablauf der Simulation grafisch. Im Folgenden werden nun verschiedene Erweiterungen des Basismodells vorgeschlagen. Sie sollten jedoch erst angegangen werden, wenn das Basismodell befriedigende Ergebnisse liefert, damit eine Überfrachtung vermieden wird.

Abb. 10-1: Ablauf der Mikrosimulation



10.3.2 Einführung der pro Nutzer belegten Fläche und der leer stehenden Fläche

Eine der starken Annahmen des Basismodells bestand darin, dass jeder Nutzer genau eine Einheit in einem Gebäude belegt und die Zahl der Einheiten pro Gebäude unveränderlich ist. Hier werden nun Schätzwerte für die Flächeninanspruchnahme auf Nutzerebene eingeführt.

Zu Schritt 1:

Im Startsample addiert sich die Büro-Geschossfläche f_b eines Gebäudes aus der Summe der Flächen der einzelnen Nutzer f_n sowie der leer stehenden Fläche. Die anders (nicht als Büro) genutzte Fläche eines Gebäudes f_a wird als fix angenommen:

(Gl. 10-33) $$f_g = f_a + f_b = f_a + (f_l + \sum_n f_n)$$

Inwiefern hierfür Daten vorhanden sind und zu welchem Anteil die Aufteilung angenommen werden muss, ist ein empirisches Problem und muss im Einzelfall abgeklärt werden. Für die Anwendung in Stuttgart wird dies in Teil D diskutiert.

Zu Schritt 3:

In einer Erweiterung kann dann der Zusammenhang zwischen Arbeitsmarktprognosen, tatsächlichen Arbeitsmarktentwicklungen und Wirkungen auf die einzelnen Firmen mitmodelliert werden. Zusätzlich zu den Eigenschaften *nchar* wird bei zuziehenden Nutzern der Flächenbedarf $f_{n_zu,\ Suche}$ ebenfalls exogen vorgegeben.

Die erforderliche Flächengröße für den umziehenden Nutzer $f_{n_um,\ Suche}$ wird wie folgt geschätzt:

(Gl. 10-34) $$f_{n_um,Suche} = f_{n_um,,t} + \Delta f_{n_um,t}$$

(Gl. 10-35) $$\Delta f_{n_um,t} = \beta_0 + \sum_{nchar} \beta_{nchar} \cdot x_{nchar}$$

Zu Schritt 4:

Statt der Variablen *vorlleer* wird die Größe der nun leer stehenden Fläche $f_{l,vorl}$ errechnet:

(Gl. 10-36) $$f_{l,vorl} = f_l + f_{n_um,t}$$

Zu Schritt 6:

Während in der Basisversion die Passgenauigkeit zwischen der alten und der neuen Gebäudegröße als Bedingung für die Einbeziehung in das Auswahlsample für neue Standorte gewertet wurde, kann bei der Arbeit mit in Anspruch genommenen und gesuchten Flächengrößen eine genauere Auswahl stattfinden. Sie knüpft sich an zwei Bedingungen:

- Nach Bezug durch den Nutzer muss die im Gebäude dann noch leer stehende Fläche entweder Null sein, oder diese Fläche ist so groß, dass dafür realistischerweise noch ein neuer Nutzer gefunden werden kann. Diese Mindestgröße wird mit der Fläche eines halben Stockwerks angenommen.

Selbstverständlich muss der Nutzer überhaupt in die zur Verfügung stehende Fläche passen. Die Bedingung lautet also:

(*Gl. 10-37*) Entweder: $f_{l,neu} - f_{n,Suche} \geq \frac{f_g}{2s}$

Oder: $f_{l,neu} - f_{n,Suche} \in [-\frac{f_{n,Suche}}{10};+\frac{f_{n,Suche}}{10}]$

Da es unrealistisch ist, dass $f_{l,neu} = f_{n,Suche}$, werden 10 % Abweichung zugelassen.

- Die bezogene Einheit selbst muss im Verhältnis zum ganzen Gebäude einen Mindestbruchteil belegen:

(*Gl. 10-38*) $f_{n,Suche} \geq \frac{f_g}{2s}$

Zu Schritt 8:

Die in Anspruch genommene Fläche zum Zeitpunkt *t+1* des Nutzers ergibt sich wie folgt:

(*Gl. 10-39*) $f_{n,t+1} = \begin{cases} f_{n,t} \text{ für } n \in N_{Nichts} \\ min(f_{l,neu}, f_{n,Suche}) \text{ für } n \in N_{Suche} \\ 0 \text{ für } n \in N_{Fortzug} \end{cases}$

10.3.3 Aktualisierung der Gebäudevariablen in jeder Iteration

Die nächste Erweiterung ist schnell beschrieben und bringt vermutlich deutliche Zusatzerkenntnisse, erfordert aber einigen Umsetzungsaufwand. Sie ist zudem auch ohne die Umsetzung der ersten Erweiterung möglich. Die Variablen mit den Gebäudecharakteristika $gcha_g$ werden zu jedem Zeitpunkt als $gcha_{gt}$ neu bestimmt. Damit können Veränderungen des Umfelds (neue Clusterbildung, neue Infrastrukturmaßnahmen) modelliert werden. Diese Neuerung ist insofern aufwändig, da die Abfrage insbesondere der Umfeldparameter in jeder Iteration neu im Geographischen Infomationssystem abgefragt oder außerhalb aufwändig nachprogrammiert werden muss.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass sich das Verhältnis f_b / f_a ändern kann. In der Praxis beziehen manchmal Nicht-Büronutzer Büroflächen (z.B. Fitnessstudios) oder Büronutzer Wohnungen und Läden (z.B. Versicherungsvertreter). Die Änderung ist aber nur in Gebäuden mit $f_l > 0$ möglich. Die Verschiebung zwischen f_b und f_a darf jedoch auch nur ein Vielfaches von $f_g / 2s$ sein. Eine empirische Bestimmung einer Wahrscheinlichkeit ist jedoch kaum möglich, es könnte auf die Bestandswerte von FLÜSHÖH / STOTTROP (2005) zurückgegriffen werden.

10.3.4 Aufteilung eines Nutzers auf mehrere Gebäude

Hier sind folgende Fälle von Bedeutung:

- Falls ein Betrieb nichts Geeignetes findet, könnte er geneigt sein, sich aufzuteilen und zwei Gebäude (meist in unmittelbarer Nähe beziehen). Man könnte eher annehmen, dass wenn W einen gewissen Wert unterschreitet,

dann eine zufällige Teilung der Firma in zwei Nutzer erfolgt. Die Operationalisierung der geographischen Nähe ist wohl eher schwierig.

- Wächst ein Großbetrieb, so wird er nicht komplett umziehen, sondern eine zusätzliche Fläche anmieten. Große Industriebetriebe (Daimler, Porsche, Bosch) verfügen meist über mehrere Bürogebäude, die u.U. reichlich verstreut liegen.

- Bei den Betrieben aus 2 wird angenommen, dass ein Wunsch nach räumlicher Konzentration und Zusammenführung mehrerer Standorte besteht.

Es ist wohl nicht zweckmäßig, dass die Nutzertabelle zusätzliche Gebäudefelder bekommt, zumal deren Anzahl dann eine willkürliche Limitierung benötigte.

Deshalb der Vorschlag, dass es in der Nutzertabelle zwei zusätzliche Felder „Zentralnutzer" und „Zahl der Filialen" gibt – hier wird eine evtl. Verlinkung zum größten Bürogebäude einer Firma vermerkt und bei diesem die Filialzahl vermerkt.

Die Filialgründung und Zusammenführung könnten als zusätzliche Ereignisse neben „Nichts", „Umzug" und „Fortzug" angesehen werden. Zusammenführung könnte auch ein normaler Umzug sein, wenn die Regel gilt: Filialen ziehen für sich genommen nicht um.

10.3.5 Endogenisierung der Veränderung des Gebäudebestandes (Neubau, Abriss)

Hier sind folgende Ereignisse in der realen Welt zu berücksichtigen:

- Bürogebäude können auch wieder abgerissen werden. Abgerissen wird, wenn die Belegung mehrere Perioden unter eine gewisse Schwelle fällt. Die verbleibenden Nutzer kommen dann automatisch in die Umzugsmenge und das Gebäude wird aus *G* entfernt.

- Alte Bürogebäude werden oft von Grund auf renoviert (*refurbishment*). Vorschlag: Dies zählt als Abriss und Neubau.

- Man könnte ein zusätzliches Neubaumodell einfügen. Exogen kämen dann keine Neubauprojekte zum Modell, sondern Bauflächen. Eine zusätzliche Gleichung entscheidet dann anhand der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, des Preises der Fläche und der Lage, ob ein Bau gestartet wird. Der Bauvorgang wird auf drei Jahre normiert.

10.3.6 Endogenisierung der Zuzüge

Dies ist die problematischste Erweiterung. Bekannt sind aus dem Makromodell nämlich nur die Beschäftigtenzuwächse, die dann aufgeteilt werden müssen in

- Bestandszuwächse (in (Gl. 10-34) und (Gl. 10-35) schon geschätzt)

- Gründungen

- Echte Zuzüge von außen

Gründungen sind relativ einfach, da sie klein sind und sich bevorzugt auf bestimmte Branchen konzentrieren. Hier könnte man einfach die durchschnittliche Verteilung verwenden. Bei Freiberuflern (Ärzte, Architekten, Anwälte) könnte man festlegen, dass die Praxen, Büros und Kanzleien immer übernommen werden.

Problematisch sind die echten Zuzüge. Hier könnte eine bestimmte Zahl von Betriebstypen vorgegeben werden (als Abbild der Menge aller möglichen Betriebe). Ein Monte-Carlo-Prozess läuft diese mehrmals ab und wählt aus. Die Wahrscheinlichkeit zur Auswahl bemisst sich an den aktuellen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Es ist aber unwahrscheinlich, dass diese Modellerweiterung bessere Ergebnisse bringt als eine manuelle Einbringung der Daten in verschiedenen Szenarien.

10.4 Anmerkungen zur Visualisierung

In einer einfachen Variante sind die Bürogebäude die vorliegenden 2D-Polylinien. Die Einfärbung erfolgt entweder nach dem größten Nutzer oder (per kleinem Tortendiagramm) nach der Aufteilung der Nutzer. Hierzu muss dann aber eine Tabelle erstellt werden, die alle Nutzer eines Gebäudes beim Gebäude speichert.

Interessant ist vor allem die Visualisierung von $f_{l,t+x}$. Prinzipiell geht dies in einer ersten fachlichen Teststufe auch durch den Reimport der Ergebnisdateien in das Geoinformationssystem.

In einer Erweiterung könnten die einzelnen Gebäude grafisch durch de Zahl ihrer Nutzer geteilt und so eingefärbt werden.

Die fortgeschrittenste Lösung wäre eine Extrusion der 2D-Polylinien um die bekannte Zahl der Stockwerke *s,* die zusätzliche Halbierung des Gebäudes und die Einfärbung nach den gewählten Einheiten mit der Größe $f_g / 2s$.

11 Diskussion

11.1 Fazit zum Thema Büromarktanalyse

Der vorangegangene Abriss über die existierenden planerischen und ökonomischen Methoden der Büromarktanalyse hat gezeigt, dass eine umfangreiche theoretische Basis existiert, welche zudem durch die Vorschläge in Kapitel 10 noch ergänzt werden konnten. Beim Überblick über die Verfahren wird deutlich, dass Planung und Ökonomie zwar unterschiedliche Zielparameter einer Modellierung fokussieren mögen, die Interdependenz zwischen den einzelnen Variablen jedoch so groß sind, dass eine integrative Modellierung sinnvoll ist. Auch wenn die Immobilienökonomie bislang äußerst stark auf die Prognose von Preisen fokussiert ist, so rücken angesichts des demographischen Wandels und eines alternden Gebäudebestandes zunehmend flächenbezogene Fragestellungen nach Leerstand und Bedarf von Immobilien in den Vordergrund.

Eine einheitliche „Lehrbuchmethodik", die pauschal für alle Fragestellungen rund um Büroimmobilien angewandt werden kann, existiert jedoch angesichts der Verschiedenartigkeit der Verfahren nicht. Insbesondere ist ein Problem der schwierigen Integrierbarkeit von Makro- und Mikromodellen festzustellen. Erstere sind zwar prognosetauglich, aber schwer für räumlich detaillierte Fragestellungen zu verwenden – auch wegen der Eingangsdatenproblematik. Letztere sind zwar räumlich genau, aber schwer dynamisierbar. Eine Lösung für dieses Problem bietet die Mikrosimulation. Sie ist bislang in Büromarktstudien nicht im Einsatz, so dass es sich lohnt, hier den Einsatz vergleichsweise zu den anderen Methoden zu testen. Dies soll in Teil D geschehen.

In das allgemeine Lamento des deutschen Immobilienresearch über fehlende und schlechte Eingangsdaten will diese Arbeit nun nicht auch noch einstimmen. Das Problem ist sicherlich vorhanden, jedoch sollte stärker darauf geachtet werden, was mit Stichproben und ökonometrischen Methoden alles gemacht werden kann. Aufwändige Kartierungen helfen nur dann weiter, wenn sie nicht als Lösung, sondern als Zuarbeit für die Lösung betrachtet werden. Dabei gilt: Lieber gute Stichproben und Modellierungsmethoden als perfekte Eingangsdaten ohne saubere Weiterbearbeitung. Eine Fortschreibung von Datenbanken mit Bestands- und Inanpruchnahmedaten im Rahmen von Kooperationsprojekten (bspw. über Wirtschaftsförderungen, Kammern, kommerzielle Anbieter oder die GIF e.V.) ist dennoch hochgradig wünschenswert.

11.2 Weiterer Forschungsbedarf

Für die Anwendung von Büromarktmodellen für planerische und immobilienwirtschaftliche Fragestellungen ergeben sich in Deutschland zahlreiche Herausforderungen:

- Verfügbare Datensätze über den Büroflächenbestand sowie die darin befindlichen Nutzer sind eine wichtige Größe für die Fortschreibung von Bestandszeitreihen aber auch als Startpopulation für Mikrosimulationen. Gleiches gilt für Leerstände.
- Wichtig sind außerdem Zeitreihen mit den wichtigen Marktgrößen auf der Ebene der Stadtviertel. Hiermit könnten die Makromodelle deutlich verbessert werden. Insbesondere lassen sich damit Fragen untersuchen, wie sich zentrale und periphere Standorte zueinander in den verschiedenen Phasen des Zyklus verhalten und wie stadtspezifisch der zyklenübergreifende Ent-

wicklungstrend verläuft. Letzteres ist insbesondere auch für die Planung interessant.

- Die hedonische Preisanalyse ist eigentlich nicht besonders schwer durchzuführen. Die Zahl der Veröffentlichungen zum Thema ist jedoch noch sehr gering, insbesondere mit großen Datensamples zum Büromarkt. Hier ist auf weitere Untersuchungen zu hoffen, insbesondere unter Einbeziehung von Paneldaten zur Untersuchung der räumlich disaggregierten Preisentwicklung während der Phasen von Marktzyklen.

- Auf Seiten der Stadtplanung sollte das Problem der Auswirkungen des demographischen Wandels auf die Büromärkte diskutiert werden – und zwar nicht auf der gesamtstädtischen Ebene, sondern darunter. Neben der Analyse der wahrscheinlich deutlich steigenden Leerstandsraten (bei parallelem Neubau) sollten auch die Handlungsmöglichkeiten zum Thema diskutiert werden.

- Die vorgestellten Modelle beruhen alle auf relativ grundlegenden ökonometrischen Methoden. Die räumlichen Variablen werden einfach gemessen und in die hernach rein quantitativ arbeitenden Modelle eingefügt. Hier ist die vertiefte Anwendung geostatistischer Methoden interessant.

- Die aktuellen Entwicklungen im Bereich der Mikrosimulation (UrbanSim u.a.) lassen die Frage aufkommen, ob es nicht sinnvoll ist, diese Programme um das Know-How der Büromarktanalyse zu erweitern oder die Simulationen auch testweise für Bürofragestellungen anzuwenden (evtl. vergleichweise parallel mit originärer Büromarkt-Geomodelierung).

11.3 Ausblick: Handlungsoptionen auf Basis der Büromarktmodelle

Analyse und Prognose sowie die jeweils unterstützenden Modellierungstechniken sind grundsätzlich kein Selbstzweck, sondern dienen als Entscheidungsgrundlage für die einzelnen Akteure, die im Rahmen der ihnen zur Verfügung stehenden Handlungsspielräume agieren. Eine Arbeit über Geomodellierung hat grundsätzlich nicht die Aufgabe, die aus der Analyse zu folgernden Handlungsoptionen für alle Akteure des Büroflächenmarktes umfassend darzulegen und zu bewerten. Dennoch soll als Ausblick dieses Teils C das Thema kurz angerissen werden. Dabei liegt der Schwerpunkt nicht auf den Handlungsmöglichkeiten selbst, sondern auf der Frage, wie die genannten Modelle eine Grundlage für die Handlungsmöglichkeiten bilden können.

11.3.1 Stadtplanung

Die Planung reglementiert insbesondere den Markt für Bauland. Da Büroflächen vergleichsweise wenige Anforderungen an die hin umgebende Nutzungen stellen und im Gegenzug auch selbst die umgebende Nutzungen wenig beeinträchtigen, mag sich auf Immobilienwirtschaftliche Perspektive die Frage aufdrängen, warum die Planung den Büroflächenmarkt überhaupt steuert. Die folgende Auflistung der bürobezogenen Aufgaben der Stadtplanung fassen die wesentlichen Argumente zur Notwendigkeit einer Steuerung zusammen.

Erste Aufgabe der Planung ist es, weder zu viel noch zu wenig Fläche bereitzustellen, da in beiden Fällen städtebauliche Nachteile und Kosten für die öffentlichen Kassen damit verbunden sind (vgl. Tab. 11-1).

Tab. 11-1: Vor- und Nachteile einer Angebotausweitung für Büroflächen. Quelle: V. MALOTTKI (2003, 138 f.)

Vorteile	Nachteile
Da das Spektrum an Standorten sich ausdifferenziert, müssen die Städte alle potenziellen Wünsche abdecken, um die Nutzer nicht an Konkurrenzstandorte zu verlieren	Ein überdimensioniertes Angebot bei schwächelnder Nachfrage fördert die Entstehung von Baulücken und Leerständen, da die Eigentümer Gelände und Bauten „erst einmal liegen lassen". Die Planung verliert ihre Steuerungsmöglichkeit.
Eine längerfristige Entwicklung von neuen Bürostandorten und –vierteln schafft gesündere Stadtstrukturen und vermeidet Planungsfehler. Deshalb können auch mehrere neue Cluster oder Entwicklungsgebiete parallel entwickelt werden.	Langsame Neuentwicklung oder Konversion erfordert die Vorhaltung teurer Infrastruktur, die von Städten bzw. Projektentwicklern bei erst später fließenden Einnahmen finanziert werden muss. Zudem leiden neue Bürocluster dann unter einem lang anhaltenden „Baustellenimage"
Leerstand und sinkende Preise „sieben" architektonisch schlechte Gebäude „aus", schaffen Platz für weniger zahlungskräftige Nutzungen und positionieren die Städte im Preiswettbewerb um Firmen.	Durch Leerstand und sinkende Preise wird das hochwertige Umfeld und die Wirtschaftlichkeit einer Sanierung in traditionellen Lagen gefährdet.

Zweite Aufgabe der Planung ist es, die Lage und die Zuordnung der verschiedenen Nutzungen zueinander so zu gestalten, dass schwer wiegende Beeinträchtigungen für den Einzelnen verhindert und negative gesamtgesellschaftliche Effekte minimiert werden. Da Büroflächen sich sehr stark verdichten lassen, in ihrer dichten Form viel Verkehr erzeugen und nur zu speziellen Zeiten morgens, mittags und abends eine Belebung des Umfelds sorgen, besteht bürobezogen die planerische Aufgabe, die Büronutzung in gut erschlossenen Bereichen zu konzentrieren, hier aber gleichzeitig keine Monostruktur entstehen zu lassen. Büronutzungen sind somit ein wesentlicher Baustein (aber eben nur ein Baustein) der verdichteten und mischgenutzten Stadt, welche momentan zahlreiche Stadtentwicklungskonzepte als Leitbild dominiert (vgl. für Stuttgart bspw. LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 2004, 31).

Die Steuerungsmöglichkeit der Planung erfolgt über die Art und das Maß der baulichen Nutzung. Die Art der Nutzung ist dabei für Büros selten ein Hindernis. Nahezu alle Baugebiete der Baunutzungsverordnung (vgl. Abb. 11-1) erlauben bewusst kleinteilige Büronutzungen - mit dem bereits genannten Argument des geringen Störungsgrades. Allerdings gibt es Beschränkungen der Größe, welche durch die Unterscheidung nach Betrieben und Gebäuden zum Ausdruck kommen. Über die Ausweitung von Mischgebieten lässt sich zudem eine anteilige Beschränkung der Büronutzung festlegen.

Grundsätzlich sind Büros eine zahlungskräftige Bodennutzung, die im Regelfall in der Lage sind, Wohnen und Produktion zu verdrängen (vgl. hierzu das Modell von V. THÜNEN in Abb. 4-2). Während der Schutz der Wohnnutzung über die Ausweitung der Art der Nutzung recht gut möglich ist, ist dies bei produzierendem Gewerbe schwieriger. Gerade dieses soll aktuell aber oft in den Städten gehalten werden (vgl. für Stuttgart LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 2004, 61). Hierbei kann über das Maß der Nutzung gesteuert werden – Bürogebäude sind erst ab einer gewissen Geschosszahl rentabel zu errichten.

Wichtig ist aber auch, dass Bürogebäude keine Immobilienform sind, welche sich nach städtebaulichen Vorstellungen an jeden beliebigen Standort dirigieren lassen. Zwar mag im Entwurfsprozess der Fall auftreten, dass eine städtebauliche Dominante gewünscht wird, Wohnnutzungen aus Lärmschutzgründen nicht möglich sind und Einzelhandel nicht für obere Etagen geeignet ist. Daraus ergibt sich jedoch

noch kein Automatismus, dass der Standort für Büronutzung geeignet ist. An dieser Stelle sei auf die empirischen Untersuchungen zu den Standortfaktoren für die einzelnen Büronutzergruppen in Kapitel 15 verwiesen.

Abb. 11-1: *Zulässigkeit von Bürovorhaben nach Baugebieten der BauNVO. Quelle: v. MALOTTKI (2003)*

Zulässigkeit von Bürovorhaben nach Baugebieten der BauNVO

WS	Ausnahmsweise: Sonstige nicht störende Gewerbebetriebe
WR	keine Büros zulässig
WA	Ausnahmsweise: Sonstige nicht störende Gewerbebetriebe, Anlagen für Verwaltungen
WB	Zulässig: Sonstige Gewerbebetriebe; Geschäfts- und Bürogebäude Ausnahmsweise: Anlagen für zentrale Einrichtungen der Verwaltung
MD	Zulässig: Sonstige Gewerbebetriebe; Anlagen für örtliche Verwaltungen
MI	Zulässig: Geschäfts- und Bürogebäude; sonstige Gewerbebetriebe; Anlagen für Verwaltungen
MK	Zulässig: Geschäfts-, Büro- und Verwaltungsgebäude
GE	Zulässig: Geschäfts-, Büro- und Verwaltungsgebäude
GI	Zulässig: Gewerbebetriebe aller Art v.a. in anderen Baugebieten unzulässige Betriebe)

Die städtebauliche und planerische Diskussion der letzten Jahre wurde in zahlreichen deutschen Städten (Frankfurt, München) durch die Zulässigkeit von Bürohochhäusern geprägt. Sie ermöglichen die Schaffung städtebaulicher Dominanten bei gleichzeitiger Konzentration der Büronutzungen beispielsweise an gut erreichbaren Punkten. Allerdings sind in der Bevölkerung die Vorbehalte oft groß. Wichtig ist in jedem Fall das Vorliegen eines Gesamtkonzeptes, u.a. mit Sichtbarkeitsanalysen (womit der Bogen zur geometrischen Modellierung wieder geschlossen wäre). Am Beispiel Stuttgart ist eine derartige Bürokonzentration in der neuen City Prag geplant. Die Bürohochhäuser markieren hier gleichzeitig die „Passhöhe“ Pragsattel zwischen Stuttgart Zentrum und Feuerbach und lösen so das städtebaulich schwierige Problem der Hochhausplatzierung in topographisch bewegtem Gelände. Für nachfrageschwache Städte sind Hochhäuser allerdings keine überzeugende Handlungsoption, da hier das Potenzial, welches in der Nutzung des Büroflächenbedarfes zur Stadtreparatur liegt, nicht genutzt wird.

Problematisch ist jedoch der Versuch der Planung, Marktzyklen beispielsweise durch die Zurückhaltung von Flächen in überhitzten Marktphasen zu beeinflussen. Dies dürfte im Regelfall scheitern, da die Planung nicht zu einer ausreichend verlässlichen Marktprognose in der Lage ist und gleichzeitig durch ihr langfristiges Instrumentarium keine kurzfristigen Steuerungsinstrumentarien in der Hand hat.

Für das konzeptionelle Handeln der Stadtplanung sind die in diesem Teil C dargestellten Modelle in vielerlei Hinsicht hilfreich:

- Längsschnittmodelle des Büroflächenmarktes errechnen die zukünftige Flächennachfrage anhand des tatsächlich modellierten Neubaugeschehens und nicht anhand des abstrakten Bedarfes an Büroflächen.
- Mit Hilfe einer für verschiedene Nutzungen durchgeführten hedonischen Preisanalyse kann bestimmt werden, für welche Nutzung der Grund und Boden „am wertvollsten“ ist. Die Planung kann sich somit an der Allokation des Marktes orientieren und nur da eingreifen, wo tatsächlich Fehlentwicklungen zu erwarten sind. In der Praxis besteht zumindest bei der reinen

Angebotsplanung die Gefahr, dass wirtschaftliche Aspekte mangels Kenntnis nicht ausreichend in die Abwägung einfließen.

- Auf die Übertragung des hedonischen Konzeptes auf die Leerstandanalyse hilft bei der Identifikation von städtebaulichen Problembereichen, deren Zahl vermutlich im Zuge des demographischen Wandels und der damit verminderten und auf hochwertige Flächen konzentrierten Büroflächennachfrage zunehmen wird. Geeigneter für diese Fragestellung ist allerdings noch die Mikrosimulation.

- Die Mikrosimulation kann als Basisanalyse der Stadtentwicklungsplanung mehrere Funktionen erfüllen: Zum einen die gerade angesprochene Identifikation potentiell leerstandsgefährdeter Bereiche, zum anderen die Simulation des Zuzugsgeschehens in neu ausgewiesene Bereiche zur Bewertung der Attraktivität dieser Flächen. Im Hinblick auf die Vermarktung öffentlicher Flächen und die in der Wirtschaftsförderung erwünschte Clusterung bestimmter Branchen kann die Simulation des Zuzugsgeschehens Hinweise auf die Attraktivität für verschiedene Nutzergruppen liefern.

11.3.2 Immobilienwirtschaft

Spricht man von den Handlungsoptionen der Immobilienwirtschaft auf Basis der in dieser Arbeit beschriebenen Modelle, so ist zunächst die Immobilienwirtschaft zu differenzieren in ihre verschiedenen Akteure:

Für Projektentwickler steht im Regelfall die schnelle Verfügbarkeit von Bauflächen, der Überblick über Konkurrenzprojekte sowie nach Fertigstellung der Immobilie die zügige komplette Vermietung und der anschließende Verkauf zu einem guten Preis im Vordergrund. Investoren sind eher langfristig an Vermietbarkeit und Werthaltigkeit ihres Objektes interessiert. Die zentralen Parameter für sie sind somit die langfristigen standortbezogenen Entwicklungen von Preisen und Leerstandswahrscheinlichkeiten. Banken müssen im Rahmen der Kreditvergabe und zur Absicherung der Kredite über laufende Informationen über den aktuellen Marktwert der beliehenen Gebäude verfügen.Makler und Berater sind grundsätzlich an einem möglichst umfassenden Marktüberblick interessiert. In diesem Zusammenhang verfügen sie im Regelfall über in Datenbanken gesammeltes Marktwissen, welches eine gute Basis für die Anwendung der Modelle bietet

Die Fragestellung der Prognose von Immobilienmarktzyklen ist grundsätzlich für alle Akteure von Bedeutung, unabhängig davon, ob sie ein neu gebautes Objekt am Markt platzieren wollen, selbst kaufen oder beraten.

Als Handlungsunterstützung für die Immobilienwirtschaft sind die im vorliegenden Teil C beschriebenen Modelle in folgender Hinsicht hilfreich:

- Das Längsschnitt-Marktmodell kann aufgrund der hohen Abhängigkeit vom exogenen Faktor Bürobeschäftigung zwar kaum zur Beantwortung der Frage nach dem Wendepunkt eines Immobilienzyklus herangezogen werden, allerdings können für bestimmte Szenarien der Bürobeschäftigung Auswirkungen auf den Immobilienmarkt modelliert werden. Das Wissen um mögliche Entwicklungspfade des Marktes ist für alle Akteure von hoher Bedeutung. Für Projektentwickler kann das Modell eine sorgfältige Analyse der Konkurrenzprojekte allerdings nur ergänzen, nicht ersetzen. Denn die Fertigstellungsvolumina der nächsten zwei Jahre können bei gutem Marktüberblick relativ zuverlässig angegeben werden.

- Die hedonische Preisanalyse dient der Bestimmung von realistischen Marktpreisen in Abhängigkeit von Standort- und Gebäudevariablen. Diese Ergebnisse sind für alle Akteure, die an Transaktionen und Mietvertragsabschlüssen beteiligt sind, von großem Interesse. Da insbesondere Makler oder große Portfoliobesitzer über die notwendige Menge an Eingangsdaten verfügen, ist die hedonische Preisanalyse v.a. für sie ein wichtiges Instrumentarium zur Vertiefung des Marktüberblicks.

- Die Übertragung des hedonischen Ansatzes auf die Bestimmung von Leerstandswahrscheinlichkeiten kann die hedonische Preisanalyse ergänzen, indem zusätzlich zum Preis auch die Leerstandswahrscheinlichkeiten als wichtiger Bewertungsfaktor transparent wird.

- Die komplizierte Mikrosimulation kann ähnlich wie im öffentlichen Bereich für verschiedene Fragestellungen eingesetzt werden: Einerseits kann die Leerstandswahrscheinlichkeiten von Gebäuden sowie die Fluktuation der Mieter auch für die Zukunft deutlich besser abgeschätzt werden als mit dem vorangegangenen Ansatz, andererseits kann der Bezug von Neubauflächen simuliert werden, wobei anhand der dominierende Nutzergruppen Rückschlüsse beispielsweise auf Vermarktungsaktivitäten o.ä. gezogen werden können. In beiden Fällen können die Ergebnisse für ein Immobilienrating benutzt werden. Interessant ist im Zusammenhang mit der Mikrosimulation noch die Frage, inwieweit mehrere Marktakteure gemeinsam in der Lage sind, Standorte aufzuwerten. Ein typisches Beispiel ist die Konversion einer Fläche, die besonders dann gelingt, wenn ein Ankernutzer gefunden wird. Gerade die Wechselwirkungen zwischen Nutzergruppen mit ihren Auswirkungen auf das Zuzugsverhalten können durch die Mikrosimulation analysiert werden.

11.4 Überleitung zum Fallstudienteil Stuttgart

Die erläuterten räumlichen Prognosemodelle für Büromärkte werden im nun folgenden Teil D anhand einer Fallstudie in Stuttgart praktisch erprobt und ihre Praxisanwendbarkeit hin überprüft. Stuttgart bietet neben der örtlichen Nähe für die Bearbeiter eine Stadtgröße, die eine Auswertung wesentlicher Teile des Büroflächenmarktes machbar erscheinen lässt. Anders als in München oder Frankfurt ist hier noch wenig umfangreiches Material zum Thema bei Stadtverwaltung und Maklern vorhanden. Im Gegensatz zu kleineren Städten ist die Menge der umgesetzten Büroflächen und der Anteil an Mietern gegenüber Eigennutzern so groß, dass sich ein interessanter Untersuchungsgegenstand ergibt. Die Auswahl einer Stadt jenseits der fünf größten deutschen Bürometropolen lässt zudem eine Übertragbarkeit von Methoden und empirisch ermittelten Kennwerten auf andere Städte (auch geringerer Größe) zu.

Nicht zuletzt muss angemerkt werden, dass die existierenden Stuttgarter Gebäudefachdaten hervorragend sind und somit Teile der Untersuchung in dieser Form in anderen Städten nicht möglich gewesen wären. Von großem Interesse ist zudem die parallele Begehung durch das Büro Baasner, Möller & Langwald GmbH, die eine Art genaueres aber einmaliges Benchmark für den leicht wiederholbaren Abgleich von Firmendaten und Gebäudefachdaten bietet.

Trotz alledem sind aufgrund der Eingangsdatenlage gewisse Kompromisse notwendig. Teil D mag also auch als Untersuchungsgegenstand dafür dienen, was an räumlicher Modellierung im Bereich Büroflächenmarkt in der Praxis machbar ist und was nicht.

Teil D:
Geomodellierung des Büroflächenmarktes Stuttgart

12 Einführung in die Fallstudie

12.1 Ziel der Fallstudie und Aufbau von Teil D

Im folgenden Teil D der Arbeit sollen die bislang nur auf der theoretischen Ebene erörterten Geomodelle für den Büroflächenmarkt in der Praxis erprobt werden. Hierfür wird eine Fallstudie in Stuttgart durchgeführt. Wie in Teil C dargelegt, wurde die Stadt angesichts ihres stabilen Büromarktes und somit als Analysegegenstand mit Erkenntnispotenzial auch für weitere Städte ausgewählt.

Ziel dieses Teils C ist somit zum einen die Rückkopplung von der Anwenderseite zu den Zielfragestellungen der beiden vorangegangenen theoretischen Teile, zum anderen eine konkrete Analyse für die Stadt Stuttgart, welche mit Hilfe der Modelle aus Teil C versucht, die folgenden Fragestellungen zu beantworten:

- Gegeben die Reaktion der Marktteilnehmer auf bisherige Büromarktzyklen – wie stellt sich die Marktreaktion auf verschiedene Szenarien der Bürobeschäftigtenentwicklung in der Zukunft dar? Wie entwickelt sich dann der Neubau und in welcher Größenordnung müssen somit Flächen vorgehalten werden?

  Hierzu wird ein auf dem Modell von ROSEN (1984) aufbauendes Längsschnitt-Modell analog zu Teil C geschätzt (vgl. Kapitel 15.1).

  Auf der methodischen Ebene steht hier auch die Frage im Vordergrund, wie stark der Einfluss von Preisen auf den Gesamtbedarf an Fläche im Vergleich zur Beschäftigtenentwicklung ist.

- Wie ist der Stuttgarter Büroflächenbestand segmentiert – und zwar im Hinblick auf die beiden Marktausgleichsparameter Preise und Leerstände?

  Hierzu wird eine hedonische Preisfunktion auf Gebäudeebene geschätzt (vgl. Kapitel 15.2) sowie die Übertragung des hedonischen Ansatzes auf die Wahrscheinlichkeit von Leerständen (vgl. Kapitel 15.3).

  Letztere Funktion kann als Risikomaß für Leerstände gelten.

- Geht man davon aus, dass die Überalterung von Teilen des Bürobestandes bei insgesamt sich abschwächendem Gesamtbedarf an Flächen (bedingt durch den demographischen Wandel, einen weitgehend abgeschlossenen Strukturwandel und Rationalisierungen) dazu führt, dass Neubau und Leerstand parallel existieren, so stellt sich die Frage, welche Standorte dann von den Büroflächennutzern gewählt werden und welche potenziell leer stehen? Dabei ist die Frage, ob es Faktoren wie Herdentrieb und Clustereffekte bei Leerstand und Standortallokation gibt? Die Frage bildet gewissermaßen den Gegenpol zum rein gebäude- und standortbezogenen hedonischen Ansatz der Leerstandswahrscheinlichkeit, da von der Nutzerseite aus modelliert wird.

  Mit Daten über das Umzugsverhalten von Betrieben wird ein Mikromodell zur Umzugswahrscheinlichkeit und zur Standortallokation geschätzt und zur Simulation eingesetzt (vgl. Kapitel 15.4).

  Dabei ist dann auch die stadtplanerische Frage zu beantworten, wie sich Leerstand und Flächenengpässe in verschiedenen Szenarien der Ange-

bots- und Nachfrageentwicklung zueinander verhalten (passt die Größenordnung der ausgewiesenen Fläche?).

Die für die Modelle notwendigen Eingangsdaten werden zunächst zusammengetragen und deskriptiv ausgewertet (Kapitel 13). Teilweise sind Kompromisse aufgrund der Datenverfügbarkeit notwendig. In einigen Fällen stehen verschiedene Datensamples zur Auswahl. In diesem Fall werden die Vor- und Nachteile verschiedener Quellen abgewogen bzw. verschiedene Daten parallel verwendet, um eine Validierung der Ergebnisse zu erreichen.

In Kapitel 14 werden alle standortbezogenen Daten über das Geoinformationssystem ArcView im Kataster lokalisiert und angesichts verschiedener Ebenen des Raumbezugs miteinander in Beziehung gesetzt. Hieraus werden dann Geovariable zur Beschreibung von Gebäude, Lage und Umfeld berechnet.

Kapitel 15 schätzt die vier genannten Modelltypen ökonometrisch und wertet methodische Ergebnisse und Erfahrungen aus. Dieser Abschnitt ist speziell für den wissenschaftlichen Leser gedacht.

Inhaltliche Ergebnisse der Modelle werden komplett in Kapitel 16 zusammengefasst, welches bei rein inhaltlichem Interesse an der Entwicklung des Büroflächenmarktes Stuttgart auch separat gelesen werden kann.

12.2 Die Stadt Stuttgart – eine Einführung

Stuttgart ist mit seinen 590.000 Einwohnern (Region: 2,6 Mio.) die Hauptstadt und das wirtschaftliche Zentrum Baden-Württembergs. Unter den deutschen Bürometropolen teilt sie sich bezüglich des Büroflächenbestandes mit Köln und Düsseldorf die Plätze fünf bis sieben. Die Platzierung bezüglich des Umsatzes schwankt selbstverständlich, liegt im langjährigen Mittel aber eher unter Köln und Düsseldorf. Hier kommt die vergleichsweise geringe Volatilität des Stuttgarter Büroflächenmarktes zum Ausdruck.

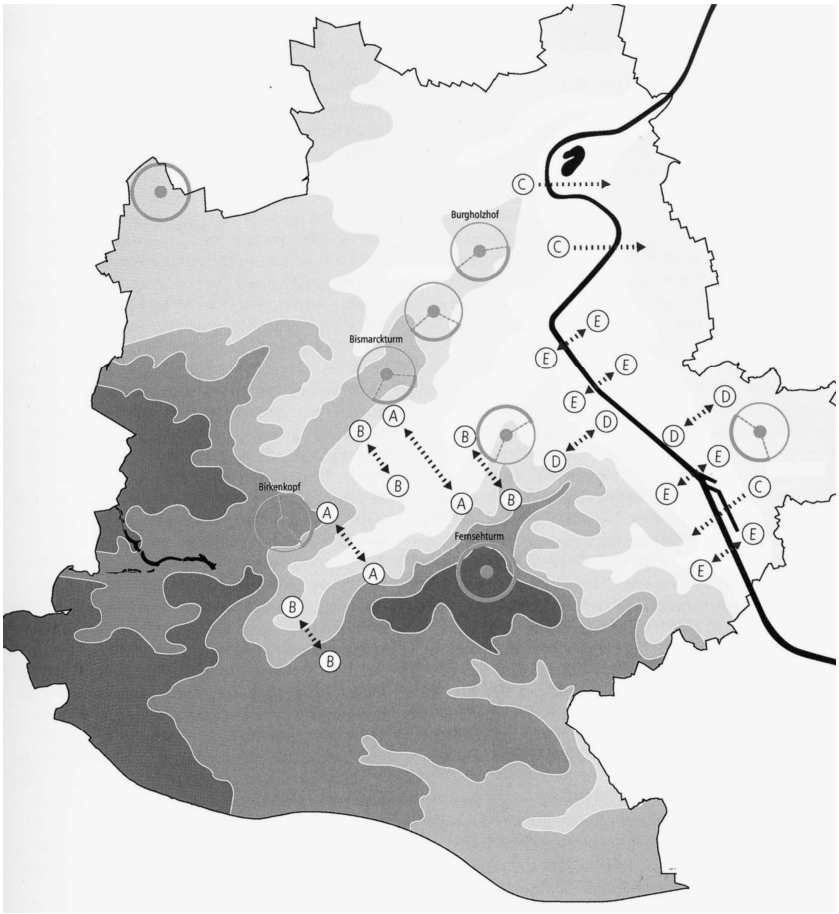
Im Gegensatz zu anderen Städten ist Stuttgart durch eine äußerst bewegte Topographie gekennzeichnet. Sie verhindert eine durchgängige Bebauung vom Zentrum bis an den Stadtrand und begünstigt die Entstehung von Subzentren. Gerade die Hanglagen sollen gemäß dem Stadtentwicklungskonzept von übermäßiger Nachverdichtung und Tertiärisierung verschont bleiben (vgl. STEK 2004, 47). Dadurch ergibt sich ein deutlicher Bruch zwischen der Bürolage Innenstadt und der Bürolage Stadtrand / hochgelegene Stadtviertel. Dies gilt in besonderem Maße für den Süden und Westen der Stadt (vgl. Abb. 12-1).

Stuttgart ist traditionell eine Stadt des produzierenden Gewerbes. Mit Daimler, Porsche und Bosch haben namhafte Firmen hier ihren Hauptsitz und gleichzeitig einen Produktionsstandort. Anders als beispielsweise die Bankenstadt Frankfurt, die Medienstadt Hamburg oder die Mode- und Werbestadt Düsseldorf ist Stuttgart kein deutschlandweites Zentrum einer bestimmten Dienstleistungsbranche. Dies macht die Stadt zu einem Untersuchungsgegenstand, der mehr als die deutschen Haupt-Bürohochburgen geeignet ist, Erkenntnisse zum Büroflächenmarkt hervorzubringen, welche auch auf kleinere (so genannte B-) Städte passen.

Die Büroflächen Stuttgarts erfüllen somit mehr als in anderen Städten komplementäre Funktionen zum produzierenden Gewerbe. „*Da die Produktion seit geraumer Zeit immer „sauberer" wird und die Anteile an Computerarbeit in allen Branchen zunehmen, gibt es für eine Mischung von Wohnen und Arbeiten neue Perspektiven.*" (STEK 2004, 53). Eine Tertiärisierung ohne produktiven Kern ist als Zukunftsszenario für Stuttgart aber wenig geeignet (vgl. IMU-INSTITUT 2003, 57). Die Stadt-

entwicklungsplanung setzt deshalb darauf, durch die Bereitstellung und Umnutzung entsprechender Flächen die Betriebe in der Stadt zu halten (Leitprojekt 2, vgl. KRON 2007). Dabei zwingt die Flächenknappheit zur Innenentwicklung.

Abb. 12-1: Topographie der Stadt Stuttgart. Dunkle Flächen bezeichnen die Höhenlagen. Quelle: Abgewandelte Darstellung von STEK 2004, 27.

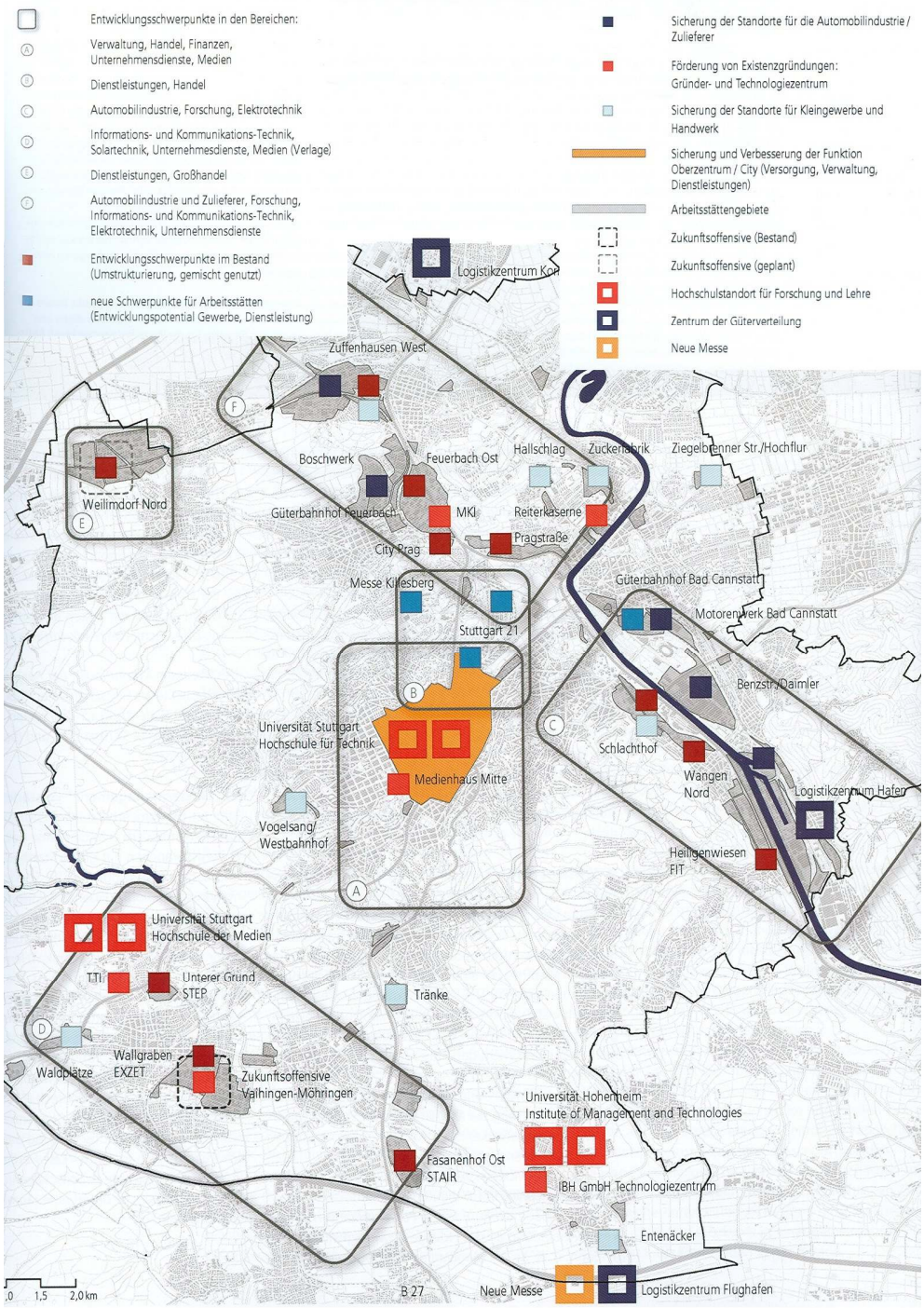


In der Realität sind die klassischen Produktionsstandorte aber auch durch die schrittweise Verlagerung von Betrieben ins Umland und die „schleichende Tertiärisierung" von Industrie- und Gewerbegebieten geprägt (vgl. IMU-INSTITUT 2003, 47 f. und 56). In und um die produzierenden Branchen steigt der Anteil an Forschungs-, Entwicklungs- und Verwaltungsaufgaben. Die produzierenden Industriezweige und ihr komplementärer Büroflächenbedarf sollen dabei vor allem entlang des Neckars (Achsen C und F im Stadtentwicklungskonzept, vgl. Abb. 12-2) konzentriert werden. Dies geschieht vielfach durch Aufwertung und Nachverdichtung untergenutzter Gewerbegebiete. Prominentestes Neubau-Cluster ist die City Prag am Pragsattel zwischen Bad Cannstatt und Feuerbach. Parallel zur baulichen Aufwertung der Neckarachse soll diese auch unter freiraumplanerischen Aspekten entwickelt werden (vgl. Leitprojekt 3 in KRON 2007).

Stuttgart ist auch Standort mehrerer Universitäten und der daraus entstandenen Ausgründungen sowie der Landesmesse und des am Stadtrand liegenden Flughafens. All diese Einrichtungen sind im Süden der Stadt auf der Filderhochebene entlang der Autobahn A 8 konzentriert. Hier sind größere Flächenpotenziale vorhanden als im engen Neckartal. Das Stadtentwicklungskonzept sieht für diesen Bereich die Clusterung von I+K-Technologien, Umwelt- und Solartechnologien, unternehmensbezogenen Dienstleistungen und Medien vor (Achse D im Stadtentwicklungskonzept, vgl. Abb. 12-2, Leitprojekt 4 „Neue Wissenschaftslandschaft", vgl. STEK 2004, 182). Wichtige Projekte sind die Büroflächen-Entwicklungen im Business

Park STEP im Norden von Vaihingen, im Gebiet Fasanenhof-Ost (EnBW-City) und die Aufwertung bestehender Gewerbegebiete in Möhringen und Vaihingen. Eine Bedeutung als Bürostandort auf den Fildern hat zudem die direkt südlich angrenzende Stadt Leinfelden-Echterdingen.

Abb. 12-2: Aussagen des Stadtentwicklungskonzeptes zum „Baustein Wirtschaft". Quelle: STEK, 2004, 64 f.



Auch das Stadtzentrum Stuttgarts ist als Bürostandort bedeutend. Hier sind vor allem zentrale öffentliche Nutzer (Landesregierung, Landesbank, Gerichte) sowie Handel und Finanzsektor lokalisiert (Gebiet A im Stadtentwicklungskonzept, vgl. Abb. 12-2). Durch die Bebauung zentraler Bahnflächen schon vor der Realisierung des Großprojektes Stuttgart 21 sind in den letzten Jahren in unmittelbarer Zentrumsnähe umfangreiche Bauflächen für Büronutzungen hinzugekommen (Gebiet B), weitere werden folgen.

Der Stadtteil Weilimdorf im Nordwesten der Stadt hat sich in den letzten Jahren zu einem typischen peripheren Bürostandort mit guter Autobahnanbindung und vergleichsweise niedrigen Preisen entwickelt (Gebiet E im Stadtentwicklungskonzept, vgl. Abb. 12-2).

13 Bestimmung der empirischen Eingangsgrößen

13.1 Angebotsseite: Büroflächenbestand und Bauland

Verlässliche Informationen über den aktuellen Bestand an Büroflächen einer Stadt oder Stadtregion sind – wie in Kapitel 8.1.2 dargelegt – nicht einfach zu erhalten, da die Baugenehmigungsstatistik Gebäude nach dem Schwerpunktprinzip zuteilt, Begehungen nur sporadisch stattfinden und die Angaben der Makler letztendlich aus einem Mix dieser Quellen und eigener Erfahrungen beruhen. In Stuttgart stellt sich die Situation weitaus positiver dar. Zum einen gehen die städtischen Gebäudefachdaten in Bezug auf ihre Genauigkeit der Nutzungsaufschlüsselung deutlich über das in anderen Städten übliche Maß hinaus, zum anderen fand im Sommer 2006 eine Begehung durch das Planungsbüro Baasner, Möller & Langwald GmbH statt, dessen Ergebnisse aggregiert veröffentlicht sind und dem Autor von der Stadt Stuttgart in Auszügen zur Verfügung gestellt wurden.

13.1.1 Räumliche Aggregatebenen des Angebots: Gebäude, Objekte, Adressen, Baublöcke und Stadtbezirke

Zu Lokalisierung und Darstellung der Bestandsdaten und aller folgenden, sich auf den Büroflächenbestand und sein Umfeld beziehenden Informationen wurde auf das digitale Kataster der Stadt Stuttgart zurückgegriffen. Die gesamte Speicherung und Verknüpfung von Geodaten unterschiedlicher Bezugebenen erfolgte in ArcView.

Gebäude

Aus diesem wurden dem Autor für die vorliegende Arbeit ein Shape-File über die 185.041 Gebäude der Stadt überlassen. Es enthält die Umrisse der Gebäude als Polylinienlayer mit Attributinformationen über den 5-stelligen Straßencode, die Hausnummer, den Nummernzusatz (17 a etc.), Gebäudeteilnummer und Grobnutzung. Aus diesen Datensätzen wurde ein 14-stelliger Gebäudecode generiert. Eliminiert man die seltenen Gebäudecode-Dubletten (die entstehen, wenn Kellergeschosse zu zwei Seiten über das Erdgeschoss herausragen und für Büromarktanalysen vollkommen irrelevant sind), so erhält man 184.441 Gebäude.

Es sei darauf hingewiesen, dass es sich dabei um eine sehr kleinteilige Gliederung handelt. Große Objekte bestehen im Regelfall aus mehreren Flügeln, Trakten, Gebäudeteilen oder Alt- und Anbauten. Diese sind im Kataster oft jeweils als eigenes Gebäude mit eigener Teilnummer eingetragen.

Adressen (adressbezogene Aggregation von Gebäuden)

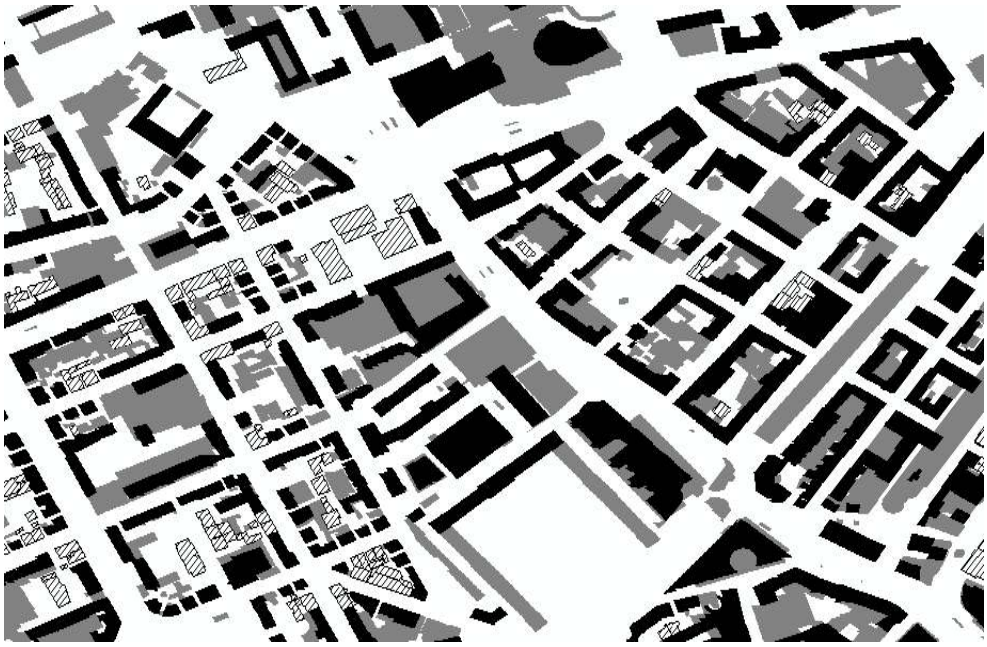
Je nach der im Folgenden auftauchenden Fragestellung ist deshalb eine Aggregation dieser kleinteiligen Einheiten sinnvoll. Sie wird über die vorhandenen Attribute vorgenommen. Es ergeben sich somit:

- 85.093 10-stellige Adresscodes – dabei werden Teilgebäude mit der gleichen Hausnummer und dem gleichen Nummernzusatz zusammengefügt. Alle Teilgebäude der *Goethestraße 17 a* bilden also eine gemeinsame multiple Polylinie.

- 77.035 8-stellige *standardisierte Adressen* – hier werden die Nummernzusätze ignoriert, d.h. Adresse *Goethestraße 17, 17 a* und *17 b* zusammengefasst.

Abb. 13-1 zeigt einen Ausschnitt der 77.035 Hauptgebäude (schwarz), der jeweils zugeordneten Nebengebäude (grau) sowie der Hauptgebäude mit Nummernzusätzen (schraffiert).

Abb. 13-1: Auszug aus den Katasterdaten der Stadt Stuttgart. Quelle: Eigene Darstellung auf Kartengrundlage des Stadtmessungsamtes;



Objekte

Durch die Aggregation anhand der Adressen bestehen große Bürogebäude des Typs *Goethestraße 18-22* – im Folgenden als Objekte bezeichnet – immer noch aus drei standardisierten Adressen. Gerade in Maklerdatenbanken, der *Investment Property Databank* oder in den in diesem Zusammenhang noch anzusprechenden Begehungsdaten wird jedoch auf Ebene von Objekten aggregiert.

Von einer geometrisch-topologischen Aggregation der Gebäude zu Objekten (bspw. anhand des Kriteriums gemeinsame Kanten, Mindestdistanz zwischen Gebäuden o.ä.) wurde abgesehen, da hiermit den unterschiedlichen Baustrukturen im Zentrum und in aufgelockerten Bereichen kaum Rechnung zu tragen ist.

Baublöcke

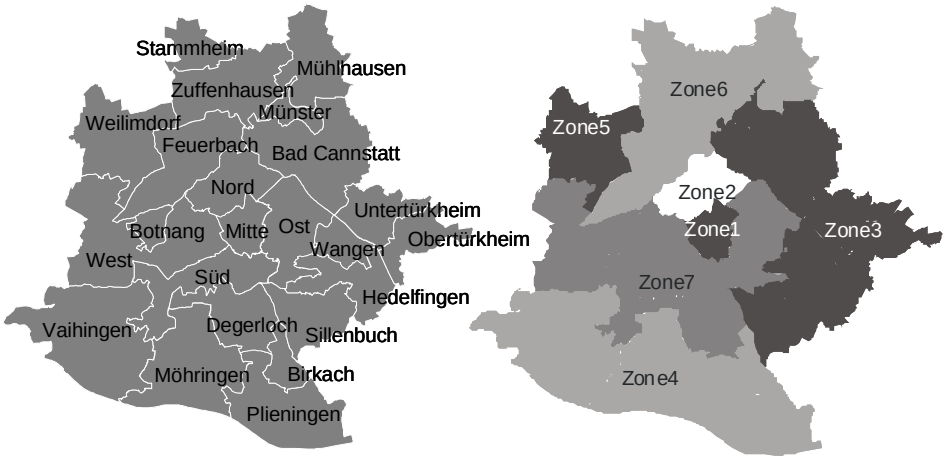
Die Stadt Stuttgart ist in 5.997 Baublöcke unterteilt. Leider sind die Baublockgrenzen nicht besonders exakt gezeichnet, so dass es auch außerhalb der seltenen Verbindungsgänge über eine Straße oder unter einer Straße hindurch zu Überlappungen zwischen Gebäuden und Baublöcken kommen kann. Die Schwerpunkte der Gebäude liegen jedoch zumindest nach stichprobenartiger Überprüfung im richtigen Baublock. Jeder Baublock ist wiederum eindeutig einem Stadtbezirk zugeordnet.

Ähnliches gilt für die 149.845 Flurstücke der Stadt.

Stadtbezirke

Stuttgart ist in 19 Stadtbezirke unterteilt (vgl. Abb. 13-2). Diese werden für die statistische Analyse zu sieben Zonen zusammengefasst, wobei bei der Abgrenzung bürospezifische Aspekte im Vordergrund standen. So bilden Weilimdorf und der Stadtbezirk Nord eigene Zonen – letzterer Bezirk v.a. aufgrund der zahlreichen Neubaumaßnahmen und noch vorhandenen Bauflächen entlang der Bahn. Bürospezifisch wenig relevante Stadtteile wie Birkach, Hedelfingen, Mühlhausen oder Botnang wurden einfach den größeren Nachbarn zugeordnet.

Abb. 13-2: Stadtbezirke der Stadt Stuttgart. Quelle: Eigene Darstellung auf Kartengrundlage des Stadtmessungsamtes.



Bauflächen

Die Stadt Stuttgart verfügt über ein Bauflächenkataster (Nachhaltiges Bauflächenmanagement), welches Flächen über 2.000 m² digital als Geometriedaten mit zahlreichen Attributen erfasst und auch einige Informationen ins Internet stellt (www.stuttgart-bauflaechen.de). Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Flächen nicht zwangsweise leer sind oder werden, sondern teilweise „nur" für die Nachverdichtung zur Verfügung stehen. Die Schätzung der realisierbaren Bürogeschossfläche ist Gegenstand des folgenden Kapitels.

13.1.2 Querschnittsdaten der Angebotsseite

Bestände I: Die Auswertung der Gebäudefachdaten

Methode

Der Autor der vorliegenden Aufstellung erhielt im Sommer 2006 einen Auszug aus den städtischen Gebäudefachdaten. Dieser umfasste 32.516 Datensätze mit Gebäuden, in denen sich potenziell Büroflächen befinden könnten. Mit dem Datensample des Katasters (184.441 Datensätze) sind die Daten über die Felder Straßenschlüssel, Hausnummer, Nummernzusatz und Gebäudeteilnummer (sowie dem daraus zusammengestellten Gebäudecode) verknüpfbar. Die reduzierte Menge ergibt sich dadurch, dass durch das Stadtmessungsamt bereits vorab Gebäude ausgesondert wurden, in denen sich auch potenziell keine nennenswerten genehmigten Büronutzungen finden lassen werden. Dies betrifft insbesondere alle Arten von Wohnnebengebäuden (Garagen etc.). Ausgeschlossen wurden zudem alle Wohngebäude mit einer Bruttogeschossfläche von unter 200 m², da hier davon auszugehen ist, dass keine separat marktfähigen Büroflächen enthalten sind.

Die rein alphanumerischen Gebäudefachdaten haben gegenüber den verknüpft geometrisch-attributiven Katasterdaten den Vorteil, dass umfangreiche zusätzliche

Attributfelder vorhanden sind. Dies betrifft Informationen über Baujahr, Jahr des letzten Umbaus, Zahl der Oberschosse, Zahl der Untergeschosse, Geschossfläche (GF) und Grundfläche (GR). Der größte Vorteil der Gebäudefachdaten besteht jedoch darin, dass die Nutzungen nicht nach dem Schwerpunktprinzip für das ganze Gebäude „gerundet" werden, sondern für ca. 95 % der Gebäude detaillierte Nutzungsaufschlüsselungen vorliegen.

Die Datenbank ist dabei so aufgebaut, dass pro Gebäude für bis zu 25 Stockwerksabschnitte jeweils bis zu drei Nutzungen mit der jeweiligen Quadratmeterzahl angegeben sind. Ein Stockwerksabschnitt ist bei zahlreichen Gebäuden genau ein Stockwerk, d.h. es erfolgt die Angabe Untergeschoss Lager / Tiefgarage, Erdgeschoss Handel / Kindertagesstätte, Erster Stock Büro, Zweiter Stock Büro, Dritter Stock Büro, Vierter Stock Wohnen. In vielen Fällen werden jedoch mehrere Stockwerke zusammengefasst, im vorliegenden Beispiel hieße die Angabe dann: Untergeschoss Lager / Tiefgarage, Erdgeschoss Handel / Kindertagesstätte, Erster bis Dritter Stock Büro, Vierter Stock Wohnen.

Zur Filterung der Büroflächen wurde für jeden Nutzungstyp auf der Ebene des Stockwerksabschnitts entschieden, ob er als Bürofläche zu werten ist oder nicht (vgl. Tab. 13-1). Maßstab für die Entscheidung bildete die Büroflächendefinition der Gesellschaft für Immobilienwirtschaftliche Forschung (vgl. GIF 2004). Nutzungsschlüssel für Mischnutzungen (z.B. Wohn- und Geschäftsgebäude) werden im Regelfall nur für die Kodierung im Kataster verwendet. In einigen Fällen werden jedoch auch auf der Stockwerksebene Angaben über Mischnutzungen gemacht. In diesem Fall wurden die Flächen im Verhältnis 1 : 1 oder 1 : 1 : 1 aufgeteilt und eine Sensivitätsanalyse bzgl. dieser Annahmen durchgeführt.

Tab. 13-1: Auszug aus der Nutzungscodetabelle der Stuttgarter Gebäudefachdaten und angenommene Anteile an Büroflächen

Kürzel	Detailnutzung	% Büro	Kürzel	Detailnutzung	% Büro
1112	Rathaus	100	1379	Heim	0
1113	Post	100	1409	Geschäftshaus	0
1115	Gericht	100	1411	Bürogebäude	100
1119	Verwaltungsgebäude	100	1445	Kiosk	0
1121	Schule	0	1451	Messegebäude	0
1123	Hochschule	100	1461	Hotel	0
1124	Forschung	100	1462	Jugendherberge	0
1131	Burg	0	1471	Gaststätte	0
1134	Museum	0	1474	Kantine	0
1136	Veranstaltungshalle	0	1489	Vergnügungsstätte	0
1137	Bibliothek	0	1491	Verein	0
1139	Schloss	0	1709	Betriebsgebäude	0
1141	Kirche	0	1711	Fabrik	0
1143	Kapelle	0	1721	Werkstatt	0
1144	Gemeindehaus	0	1731	Tankstelle	0
1151	Krankenhaus	0	1749	Lager	0
1161	Jugendhaus	0	1811	Wohn u. Verwaltungsgebäude	50
1162	Waldheim	0	1841	Wohn u. Geschäftshaus	33
1165	Kindergarten	0	1842	Wohn u. Bürogebäude	50
1171	Polizei	100	1851	Wohn u. Betriebsgebäude	0
1172	Feuerwehrgebäude	0	2312	Wartehalle	0
1174	Bunker	0	2343	Schleusengebäude	0

Kürzel	Detailnutzung	% Büro	Kürzel	Detailnutzung	% Büro
1175	Justizvollzugsanstalt	0	2359	Aufzug	0
1189	Friedhofsgebäude	0	2361	Parkhaus	0
1199	Empfangsgebäude	0	2363	Tiefgarage	0
1301	Wohnhaus	0	2366	Garage	0
1372	Altenheim	0		Sonstige	0

Bei 322 potenziellen Bürogebäuden sind keine Informationen über die einzelnen Stockwerksabschnitte verfügbar, sondern nur die Schwerpunktnutzung. Hier wurden die anderen 32.194 Gebäude als Stichprobe benutzt, um Büroquoten für jede benötigte Schwerpunktnutzung zu schätzen, (vgl. mittlere Spalte der Tab. 13-2).

An dieser Stelle sei empfohlen, diese Werte als Schätzwerte für vergleichbare Untersuchungen in Städten zu benutzen, in denen nur Schwerpunktnutzungen bekannt sind.

Tab. 13-2: Empirisch ermittelter Büroanteil (genehmigte Flächen!) für verschiedene Schwerpunktnutzungen. Quelle: Eigene Auswertung, Gebäudefachdaten der Stadt Stuttgart.

Schwerpunktnutzung (Gesamtgebäude)	Ermittelter Büroanteil	Stichprobengröße
Anbauten (Empfangshallen etc.)	17%	10
Bürogebäude	78%	2488
Gemeinbedarfseinrichtungen	46%	92
Handel, Gaststätten und Hotels	38%	369
Produktion	18%	398
Wohngebäude über 200 m²[39]	18%	266
Wohn- und Bürogebäude	46%	729
Wohn- und Geschäftshäuser	30%	1048
Wohn- und Betriebsgebäude	28%	73

Aufgrund der fehlenden Plausibilität von Büroflächen unter 50 m² (sie entstehen v.a. durch die oben genannten Mischnutzungsangaben auf Gebäudeebene) werden diese in der weiteren Arbeit mit den Bürogebäuden fallen gelassen.

Zur Darstellung werden die Gebäudefachdaten mit den Daten des Katasters über den Gebäudecode (Straßenschlüssel plus Hausnummer plus Nummernzusatz plus Teil- und Unternummern) in ArcView verknüpft. Als Ergebnis liegt eine Shape-Datei über den Büroflächenbestand der Stadt Stuttgart vor, auf deren Basis räumliche Auswertungen durchgeführt werden können und Kartendarstellungen ermöglicht werden (vgl. Plan 1 auf Gebäudeebene und Plan 2 als Summe der Büroflächen auf Baublockebene).

Dabei tritt das Problem auf, dass 0,8 % der Büroflächen in den Fachdaten enthalten sind, nicht jedoch im Kataster. Grund hierfür sind Unterschiede in den Gebäudeteilnummern zwischen Kataster und Gebäudefachdaten. Das Problem tritt somit nur auf Gebäudeebene auf, jedoch quasi nicht mehr bei einer Aggregation auf der Ebene der Adressen. Das Problem konnte in einigen Fällen auch manuell gelöst werden. Von der Anwendung eines aufwändigeren Zuordnungsverfahrens wurde deshalb abgesehen.

[39] Bezöge man Gebäude unter 200 m² mit ein, so läge der Wert sicher niedriger.

Ergebnis

Die Auswertung der Gebäudefachdaten ergibt ein Ergebnis von 6.299 Bürogebäuden (darunter zahlreiche mit anteiliger Büronutzung). In ihnen befinden sich 8.070.000 m² Bruttogeschossfläche.

Tab. 13-3: Büroflächenbestimmung anhand der Gebäudefachdaten

	Zahl der Gebäude mit Büroflächen	Bürofläche in 1.000 m²
Gebäude lt. Gebäudefachdaten	6.299	8.070
Gebäude lt. Gebäudefachdaten über 50 m²	5.473 (entspricht 4.486 Adressen bzw. 4.325 stand. Adressen)	8.047
Im Kataster lokalisierbare Gebäude über 50 m²	5.428	8.037
Gebäude lt. Gebäudefachdaten über 500 m² (als Vergleichsgröße zur Begehung)	2.385	7.418

Im Folgenden wird der Datensatz nach Stadtvierteln, Baualter, Gebäudegröße und Büroflächenanteil ausgewertet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Gebäudefachdaten in einzelnen Attributfeldern fehlende Angaben aufweisen. Deshalb beziehen sich die folgenden Auswertungen nicht auf eine komplette und einheitliche Grundgesamtheit aller Büroflächen. Der fehlende Anteil liegt jedoch stets unter 2 % der Gebäude.

In den Daten der Abb. 13-3 bis Abb. 13-7 wird deutlich, dass der Stuttgarter Büroflächenmarkt wie in anderen Städten auch durch viele kleine und relativ wenig große Büroflächen geprägt wird. Anders als in Frankfurt finden sich in Stuttgart fast ausschließlich Flächen in „normal" hohen Gebäuden bis zu sieben Stockwerken. Ein knappes Drittel des Büroflächenbestandes findet sich in reinen Bürogebäuden, die große Mehrzahl hat nur geringe Beimischungen anderer Nutzungen. Die kleinteilige Bürofläche als untergeordneter Bestandteil in mischgenutzten Gebäuden spielt also bzgl. des Mengeneffektes keine große Rolle (dies gilt auch dann, wenn man die Büroflächen unter 50 m² in die Betrachtung einbeziehen würde). Der Altersbestand ist gemischt mit einem deutlichen Höhepunkt in den Neunziger Jahren, der wohl auch vom aktuellen Jahrzehnt nicht mehr übertroffen werden wird.

Abb. 13-3: Büroflächen pro Gebäude nach ihrer Größe

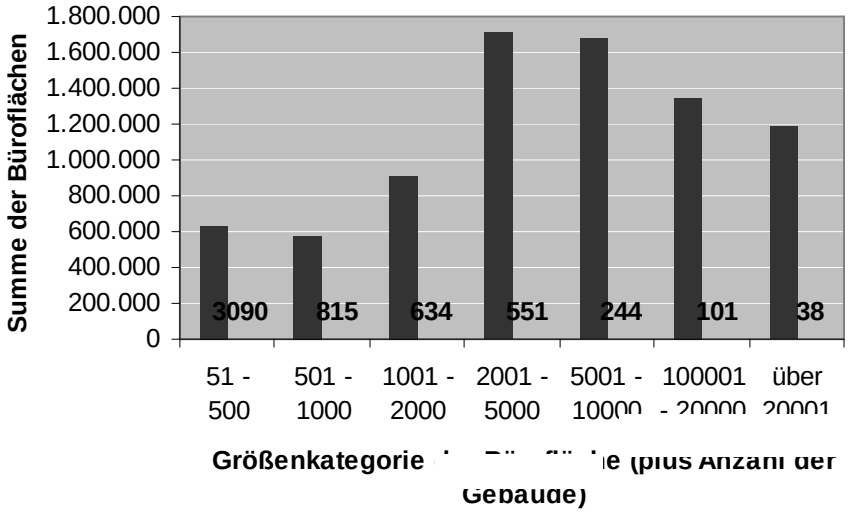


Abb. 13-4: Büroflächen nach der Größe des Gesamtgebäudes

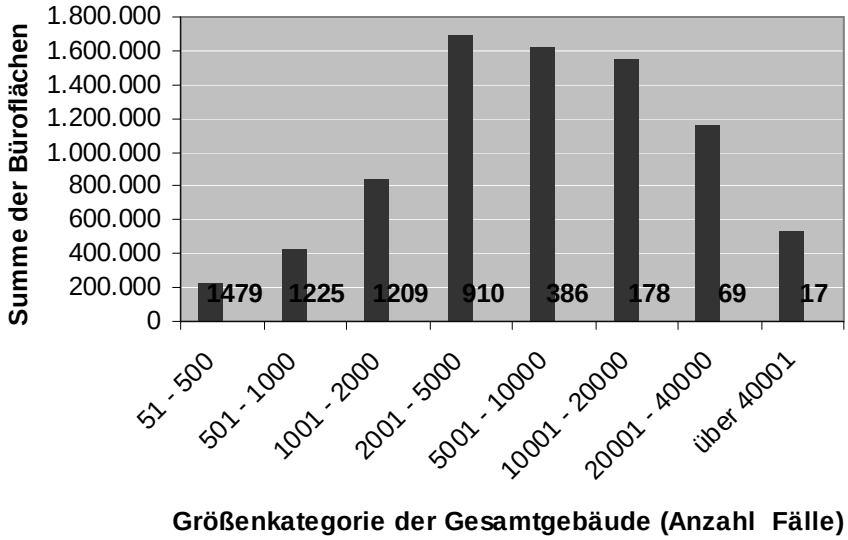


Abb. 13-5: Büroflächen nach dem Anteil an Büroflächen im Gebäude

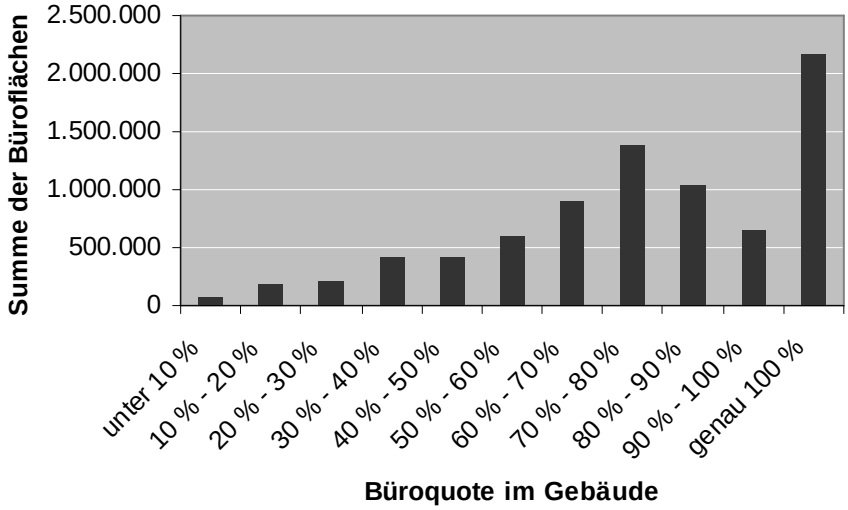


Abb. 13-6: Büroflächen nach Baualter des Gebäudes

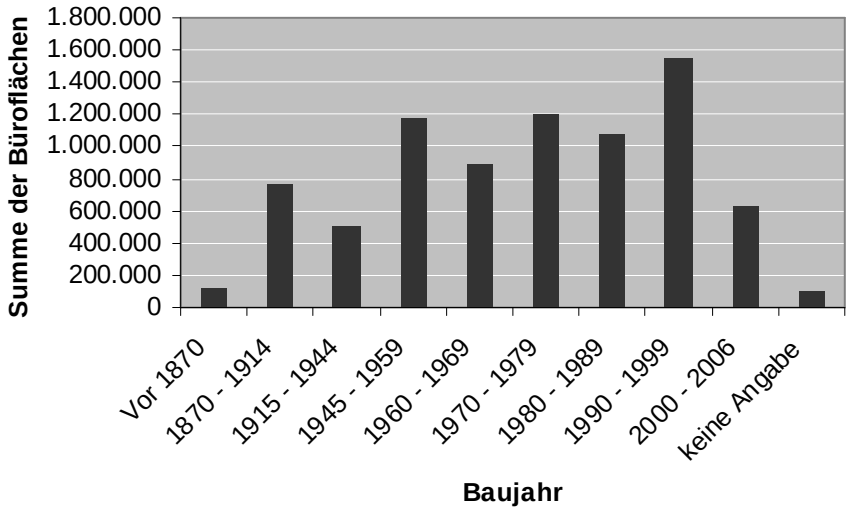
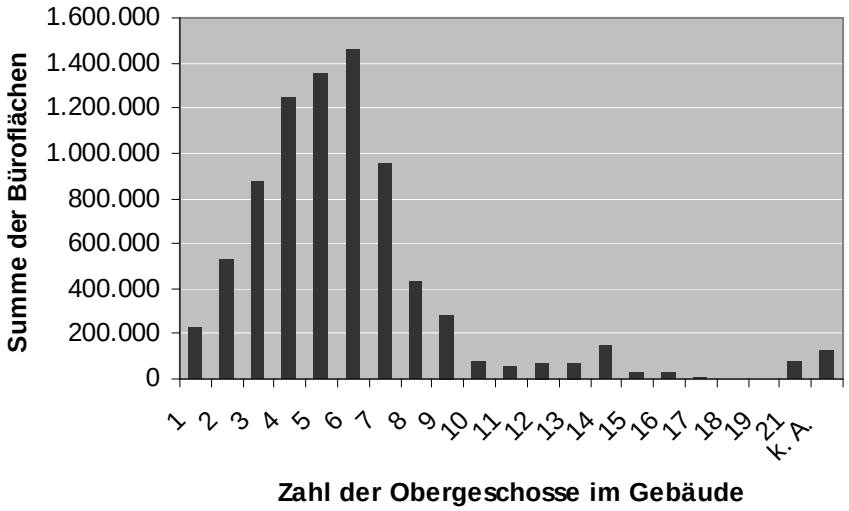


Abb. 13-7: Büroflächen nach Höhe des Gebäudes in Geschossen



Bestände II: Die Begehung durch die Baasner, Möller & Langwald GmbH

Methode

Die Begehung durch das Planungsbüro Baasner, Möller & Langwald GmbH aus Berlin wurde im Sommer 2006 durchgeführt. Auftraggeber der Studie waren verschiedene im Großraum Stuttgart tätige Makler, die Stadt Stuttgart unterstützte die Untersuchung durch Bereitstellung von Kataster- und Gebäudefachdaten. Die Ergebnisse wurden auf der ExpoReal 2006 präsentiert. Inzwischen fand eine weitere Begehung der Umlandkreise statt (Auftraggeber Wirtschaftsförderung Region Stuttgart, vgl. DECKSTEIN 2007).

Die Erhebungsmethode basiert dabei auf den in Vorgängeruntersuchungen in Frankfurt und München gesammelten Erfahrungen (vgl. BULWIENGESAAG 2005). Demnach erfolgt die Selektion der Büroflächen durch eine Begehung der kompletten Stadt. Dabei werden Flächen unter 500 m² ausgeschlossen, um die Zahl der Büroobjekte generell zu reduzieren. Diese kleinen Flächen werden für die gesamte Stadt geschätzt. Offen bleibt dabei, wie die Zuteilung der kleinen Flächen unter 500 m² zu den einzelnen Stadtvierteln erfolgt. In Gründerzeitvierteln ist bspw. ein prozentual deutlich höherer Anteil an kleinen Flächen anzunehmen als in Büroneubausiedlungen wie Weilimdorf.

Nachdem Bürogebäude identifiziert sind, erfolgt die Schätzung der Bruttogeschossfläche auf Basis mehrerer Datenquellen:

- Falls vorhanden, aus Daten von Maklern, Investoren oder der Datenbank der BulwienGesaAG
- Falls vorhanden, durch ein gezieltes Nachschlagen in den Gebäudefachdaten der Stadt Stuttgart
- Im Notfall durch Multiplikation der Grundfläche mit der Zahl der Vollgeschosse

Wichtig ist bei der Analyse dieser Methode, dass die Erfassung der Büroflächen auf der Ebene zusammenhängender Bauobjekte stattfindet. Diese umfassen oft mehrere Hausnummern einer Straße (oder sogar Adressen in mehreren Straßen). Dies gilt insbesondere für Eckgrundstücke, Objekte mit mehreren Hausnummern (Goe-

thestraße 17 – 19) o.ä. Somit ist das Büroobjekt der Begehung nicht identisch mit dem Bürogebäude der Gebäudefachdaten. Letztere sind im Regelfall deutlich kleinteiliger. Die Anzahl der Objekte entspricht in etwa der Anzahl der standardisierten Adressen in den Gebäudefachdaten. Dennoch gibt es zahlreiche Unterschiede im Einzelfall. Zudem wurden bei der Begehung Universitätsgebäude komplett ausgeschlossen, während im produzierenden Gewerbe und im innerstädtischen Einzelhandel sowie bei Gemeinbedarfseinrichtungen oft höhere Werte als in den Gebäudefachdaten entstehen.

Neben den Flächen wurden bei der Begehung Leerstände aufgenommen. In einigen Fällen verfügt die Tabelle auch über den Namen oder die Branche der Nutzer. Diese Informationen sind jedoch nicht vollständig. Weitere Attributdaten wie ein geschätztes Baujahr des Gebäudes oder eine qualitative Einordnung wurden nicht aufgenommen.

Ergebnis

Die Begehung ergibt eine Summe von 8.303.000 m² BGF. Die genaue Aufschlüsselung nach Teilgruppen zeigt Tab. 13-4.

Tab. 13-4: Büroflächenbestimmung anhand der Begehung. Quelle: Baasner, Möller & Langwald GmbH

	Zahl der Büroobjekte	**Summe der Büroflächen in 1000 m²**
Begehbare Objekte mit privater Nutzung	2.405	6.861
Verwaltungsgebäude mit öffentlicher Nutzung		804
Nicht begehbare Objekte auf Firmen- oder Militärarealen	37	161
Zwischensumme	**2.443**	**7.826**
Geschätzt: Objekte unter 500 m²	unbekannt	610
Abzüglich nicht marktfähige Büroflächen		-133
Summe		**8.303**
Davon Leerstände außerhalb der nicht marktfähigen Flächen		506

Zählt man zu diesen Werten noch den Büroflächenbestand von Leinfelden-Echterdingen (gut 500.000 m²) hinzu und nimmt hiervon 82 % zur Umrechung von BGF in Bürofläche nach GIF, so ergibt sich der in Marktberichten verschiedentlich genannte Wert von 7,22 Mio. m² Bürofläche nach GIF (vgl. z.B. BANKHAUS ELLWANGER UND GEIGER KG 2007, 17).

Vergleich und Synthese der beiden Bestandsdatensamples

Methodischer und inhaltlicher Vergleich

Durch das Vorliegen von Daten zweier Methoden zur Bestandserhebung der Büroflächen in Stuttgart können nochmals kurz die wesentlichen Unterschiede herausgearbeitet werden:

- Die Erfassung der Begehung orientiert sich an der *tatsächlichen* Nutzung, die Erfassung aus den Gebäudefachdaten orientiert sich an der *genehmigten* Nutzung, d.h. am primären Zweck der Immobilie. Der Vorteil beider Verfahren gegenüber der *potenziellen* Nutzung (Nutzbarkeit als Bürofläche) besteht darin, dass das Gebäude nur einer Nutzung zugeteilt wird, d.h. dass eine doppelte Zuordnung (bspw. von Ladenlokalen mit Versicherungsbüros zur Kategorie Büroflächen und zum Einzelhandel) vermieden wird. Nimmt man zudem eine Einzelhandelserhebung vor, können die

Summen ohne die Existenz von Dubletten addiert werden. Der Vorteil der *genehmigten* Nutzung gegenüber dem in Begehungen angewandten Kriterium der *tatsächlichen* Nutzung besteht darin, dass vermieden wird, dass sich die tatsächliche Nutzung eines Gebäudes ohne Änderung an der Bausubstanz dauernd ändert (erst Einzelhandel, dann Versicherungsbüro, dann Einzelhandel). Die Heranziehung der *potenziellen* Nutzung kommt nach Ansicht des Autors der Definition der Gesellschaft Immobilienwirtschaftlicher Forschung, welche auf die Marktfähigkeit von Büroflächen abstellt, am nächsten. Die *genehmigte* Nutzung ist hierfür ein tragbarer Ersatz.

- Die Begehung erhebt Büroflächen über 500 m² und schätzt die kleinteiligen Flächen als Aggregat. Die Gebäudefachdaten umfassen alle Flächen, wobei in der vorliegenden Arbeit Flächen unter 50 m² nicht weiter betrachtet werden.

- Die Begehung erfasst auf der Ebene der Büroobjekte, die Gebäudefachdaten auf der Ebene des Gebäudes. Dies macht sich insbesondere bei der Visualisierung in GIS bemerkbar (siehe hierzu vertieft Kapitel 14).

- Der Vorteil der Begehung unter Zuhilfenahme der Zusatzinformationen aus der Gebäudedatei, von Maklern sowie der BulwienGesaAG besteht in der Plausibilitätsprüfung der einzelnen Datensätze. Dies gilt umso mehr vor dem Hintergrund der üblichen Fehler von Baugenehmigungsdaten (welche die Basis für die Gebäudefachdaten bilden): Genehmigungsfreie Umnutzungen, Zweckentfremdungen von Wohnraum und Schwarzbauten sind nicht erfasst. Problematisch sind dabei vor allem büroähnliche Nutzungen in eigentlich anderweitig gewerblich genehmigten Gebäuden. Das größte Problem vergleichbarer Untersuchungen besteht darin, dass Büroflächen in mischgenutzten Gebäuden nur unzureichend erfasst werden. Dies ist in Stuttgart *nicht* der Fall. Durch die sehr detaillierte Speicherung der Stuttgarter Gebäudefachdaten und die Unterscheidung nach verschiedenen Nutzungen auch innerhalb eines Gebäudes ist der Fehler im Vergleich zu anderen Untersuchungen jedoch als gering einzuschätzen. Bei den problematischen Gebäuden wurde eine Sensivitätsanalyse mit extremeren Verteilungen (jeweils 20 % und 80 % Büro) durchgeführt: Die Änderungen lagen stadtweit bei + 200.000 m² bzw. -90.000 m².

- Die Erfassung aus den Gebäudefachdaten ist dafür ohne großen Aufwand fortschreibbar oder wiederholbar. Die vom Autor erstellten Datenbankabfragen können ohne Probleme in die städtische Datenbank implementiert werden. Eine derartige Bestandsfortschreibung ist aufgrund der Berücksichtigung von Teilnutzungen in Gebäuden und Standortangaben sicherlich genauer als die einfache Fortschreibung mittels der amtlichen Baufertigstellungsstatistik (welche auf Schwerpunktnutzungen abstellt). Die Begehung ist eine Momentaufnahme, die wegen der Unterschiede der Erhebungsebenen (Objekt – Gebäude) aus den Gebäudefachdaten nur mit großem manuellem Aufwand fortschreibbar wäre.

- Allerdings „hinken“ die Gebäudefachdaten der Realität um einige Monate hinterher oder weisen nach Auskunft der Mitarbeiter im Stadtplanungsamt Stuttgart manchmal Fehler auf. Diese sind jedoch schwer zu quantifizieren, so dass die im Folgenden dargestellte Begehung auch als Art Benchmark für die Qualität der Gebäudefachdaten zu sehen ist.

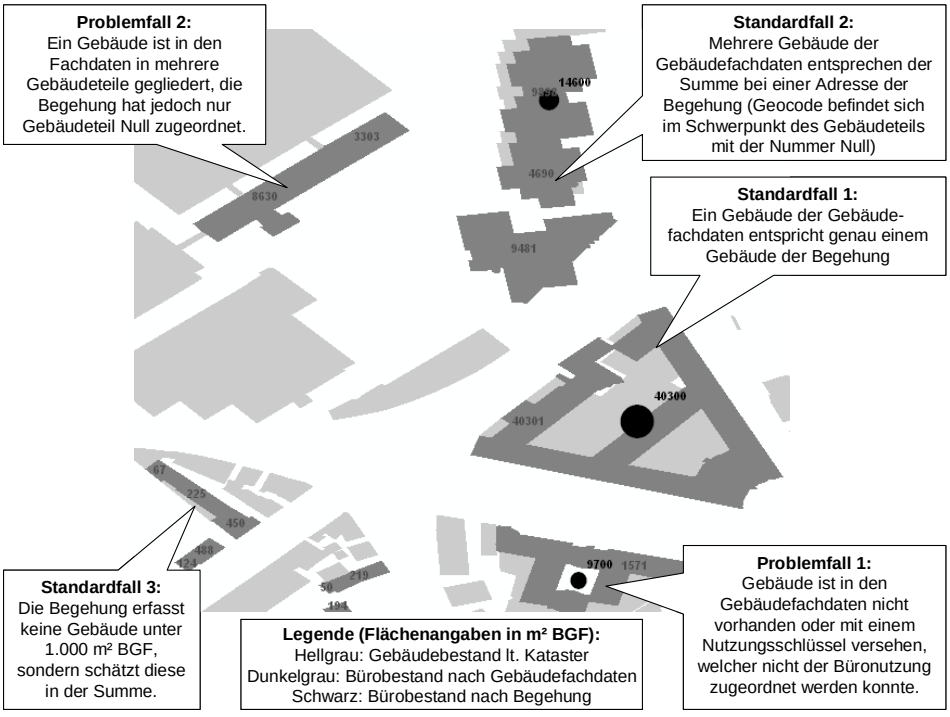
- Leider wurden in der Begehung keine bzw. fast keine zusätzlichen Attributdaten zu den Gebäuden erfasst (Nutzer nur in einzelnen Fällen, Qualität, geschätztes Baujahr, Parksituation o.ä. gar nicht). Die Gebäudefachdaten

geben hingegen Auskunft über Baujahr, Zahl der Obergeschosse sowie GR und GF des Gesamtgebäudes. Dafür verfügen die Begehungsdaten über das Alleinstellungsmerkmal einer Leerstandskartierung.

Nachfolgende Abb. 13-8 gibt anhand des Beispielgebietes Steiermärker Straße / Bregenzer Straße in Feuerbach einen Einblick in die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Erhebungsmethoden. Unterschiede entstehen vor allem in folgenden Bereichen:

- bei großen neuen Bürogebäuden (sie sind in den Gebäudefachdaten teilweise noch nicht enthalten),
- im Stadtzentrum (hier finden sich zahlreiche tatsächliche Büronutzungen in anderweitig gewerblich genehmigten Gebäuden),
- in Gewerbe- und Industriegebieten (hier gilt Ähnliches), sowie
- an der Universität (hier sind zahlreiche Gebäude als Bürogebäude genehmigt, die Begehung nimmt das komplette Universitätsareal unabhängig vom Gebäudezuschnitt aus der Erfassung heraus). Krankenhäuser sind kein Problem.

Abb. 13-8: Unterschiede zwischen Begehung und Gebäudefachdaten am Beispiel Feuerbach



Anders als in Düsseldorf (vgl. FLÜSHÖH / STOTTROP 2005) stimmt die Summe bei der Auswertung der Gebäudefachdaten, bei der Begehung und bei den vorher durch die GIF verbreiteten Zahlen einigermaßen überein.

Angesichts der doch ähnlichen Ergebnisse bei der Auswertung der Gebäudefachdaten und der Begehung sowie der leichten Wiederholbarkeit der Auswertung der Gebäudefachdaten könnte in Zukunft mit geringem Aufwand ein fortgeschriebener Datenbestand generiert werden. Aus diesem Grund sei vorgeschlagen, im Falle der Wiederholung einer derartigen Untersuchung auf die Gebäudefachdaten zurückzugreifen, die Abfrage des Autors zu nutzen und Zu- bzw. Abschläge für die vier im vorherigen Abschnitt genannten Unterschiede zu berücksichtigen. Diese

basieren zweckmäßigerweise auf dem Vergleich der Zahlen der beiden hier besprochenen Methoden. Die fortgeschriebenen Zahlen könnten von Seiten der Stadt Stuttgart zur Erstellung von Standortinformationen genutzt werden oder auch Interessenten aus der Immobilienwirtschaft weitergegeben bzw. bei Detailinformationen verkauft werden.

Synthese der beiden Samples in einer Stichprobe

Der ideale Fall wäre, wenn die Erkenntnisse der Begehung in den Quelldatensatz der Gebäudefachdaten eingearbeitet werden könnten. Dies erscheint jedoch aufgrund der unterschiedlichen Betrachtungsebenen (Objekt bei der Begehung, Teilgebäude in den Fachdaten) unrealistisch. Die angesprochene unterschiedliche Wertung der Universitäten, Produktionsgebäude und Einzelhandelsflächen sowie die nach wie vor bestehenden Probleme, dass ein Objekt auch kleiner oder größer sein kann als alle Gebäude einer Adresse , würden einen mehrheitlich manuellen Abgleich der Samples (in der Realität ein Einpflegen der Informationen der Begehung in die Gebäudefachdaten) erfordern. In der vorliegenden Arbeit wird auf diesen Aufwand verzichtet, zumal er eine Insellösung fern der eigentlichen Gebäudefachdaten der Stadt Stuttgart ohne Nutzen für Dritte darstellen würde.

Stattdessen wird der Vorteil zweier verschiedener Datensamples für die weitere Analyse genutzt. Hierdurch können die weiteren Analyseschritte jeweils mit zwei verschiedenen Eingangsdatensets durchgeführt und die Ergebnisse somit abgesichert werden.

Allerdings verbleibt der Nachteil, dass im Begehungssample Informationen über die Leerstände enthalten sind, aber keine Informationen über Baualter, Zahl der Obergeschosse, GR und GF. In den Gebäudefachdaten ist es genau anders herum. Für künftige Auswertungen wird jedoch ein Sample mit all diesen Informationen benötigt (die sowieso nicht sehr zahlreich sind – Informationen über die Parksituation sowie die Gebäudequalität wären wünschenswert, sind derzeit aber nirgendwo vorhanden). Hierfür wird der Vollständigkeitsanspruch der beiden bisherigen Erhebungen aufgegeben.

Aus denjenigen Büroobjekten der Begehung, die genau einer standardisierten Adresse der Gebäudefachdaten entsprechen und ähnlich viel Bürofläche aufweisen, wird deshalb eine Stichprobe erstellt. Sie wird ergänzt um Fälle, in denen in einem Baublock nur ein Objekt vorhanden ist und dessen Büroflächen identisch sind zur Summe der Büroflächen dieses Baublocks in den Gebäudefachdaten. Die Stichprobe umfasst 807 Gebäude und enthält die Attributdaten Leerstand, Baujahr, Obergeschosse, GR und GF. Eine Vergleich von Mittelwerten und Standardabweichungen zwischen Stichprobe und Begehungsdaten in allen Attributen zeigte, dass die Stichprobe Defizite bei der Abbildung der Leerstände aufwies. Dies wurde durch manuelle Hinzunahme weiterer Objekte korrigiert. Die endgültige repräsentative Synthesestichprobe weist 824 Einträge mit 2,56 Mio. m² Bürofläche auf.

Baulandangebot

Aus dem Baulandkataster der Stadt Stuttgart (*Nachhaltigen Bauflächenmanagement* – NBS) wurden dem Autor durch das Stadtplanungsamt dankenswerterweise diejenigen Flächen zur Verfügung gestellt, die potenziell für Bürobebauung in Frage kommen (Mischflächen M, Gewerbeflächen G sowie die eigene Stuttgarter Kategorie MV für Verwaltung). Dabei handelt es sich um 242 Datenbankeinträge mit einer Grundstücksfläche von 3,47 Mio. m². Zur Informationsgewinnung über die Eignung dieser Flächen für Bürobebauung fragte der Autor bei einem Aufenthalt im Stadtplanungsamt Stuttgart die relevanten Informationen des NBS ab. Die Ergebnisse des folgenden Schätzverfahrens wurden daraufhin stichprobenartig durch die Mit-

arbeiter des Stadtplanungsamtes kontrolliert.[40] Manuelle Korrekturen waren insbesondere bei großen Bauflächen erforderlich, da es hier kaum möglich ist, mit einem standardisierten Algorithmus Sonderfälle abzudecken. Bei kleineren Fällen liefert das unten dargestellt Verfahren plausible Ergebnisse. Allerdings sind die Werte dieser stadtweiten Schätzung im Einzelfall selbstverständlich nicht verbindlich, sie können nur einen Mittelwert möglicher Planungsszenarien darstellen.

Problematisch an den (Geometrie- und Attribut-) Daten zum potenziell bürogeeigneten Bauland ist die Tatsache, dass die Größe der realisierbaren Büro-Geschossfläche in den vielen Fällen anhand der Eingangsdaten nur grob abgeschätzt werden kann. Denn häufig liegen nur Daten über die Größe des Bruttobaulandes und die FNP-Ausweisung vor. Die Abschätzung erfolgt in diesem Fall in mehreren Schritten:

- Zunächst wird bei großen Flächen die Erschließungsfläche vom Bruttobauland abgezogen.
- Danach wird anhand der Annahme einer GFZ für Büro und Wohnen und des im NBS niedergelegten Wertes für geplante Wohneinheiten die mögliche GF für Nichtwohnnutzungen errechnet.
- Je nach Charakter des Gebietes wird ein Prozentsatz angenommen, zu dem die Nichtwohnnutzungen Büronutzungen sind. Dieser Punkt ist grundsätzlich diskutierbar – man könnte argumentieren, dass im Falle einer gewerblichen Ausweisung die zahlungskräftigere und überall grundsätzlich genehmigungsfähige Büronutzung immer die Produktions-, Handwerks- und Logistiknutzung verdrängt und somit bei entsprechender Nachfrage all diese Flächen dem Büromarkt zur Verfügung stehen. Von dieser Argumentation wird hier jedoch Abstand genommen. Zum einen muss die Zeitkomponente berücksichtigt werden: Lässt sich in den nächsten zwei Jahren auf den Flächen ein Handwerksbetrieb nieder, so steht die Fläche wegen der Umnutzungskosten nicht in zehn Jahren dem Büromarkt zur Verfügung. Zum anderen ist es die planerische Zielsetzung der Stadt Stuttgart, Produktionsbetriebe in der Stadt zu halten und bei entsprechend geeigneten Flächen durch planerische Steuerung dies auch sicherzustellen.

Oftmals sind im NBS bereits GF-Werte sowie Vorstellungen über die Zahl der Wohneinheiten enthalten. In diesen Fällen sind nur ein verkürzter Schritt 2 sowie Schritt 3 notwendig. In seltenen Fällen kann die GF für Nichtwohnnutzungen oder sogar für Büronutzungen direkt abgelesen werden. Gerade bei den sehr großen Flächen wurden individuelle Hochrechnungen durchgeführt. Konkreten Informationen über eine Fläche wurde jeweils der Vorzug vor dem Schätzverfahren gegeben.

Schritt 1: Umrechung von Bruttobauland in Nettobauland

Hier muss berücksichtigt werden, dass kleine Einzelgrundstücke im Regelfall keiner zusätzlichen Erschließung bedürfen, während bei großen Konversionsflächen entsprechende Abzüge vorzunehmen sind. Es werden deshalb Abzugswerte in Abhängigkeit von der Flächengröße angenommen, wobei diese relativ niedrig gewählt werden – nahezu alle Flächen befinden sich innerhalb der bestehenden Stadtstruktur, so dass nur die Detailerschließung vorzusehen ist:

[40] An dieser Stelle nochmals vielen Dank an Herrn Joachim Weiler und Herrn Mathias Schmid, Stadtplanungsamt Stuttgart.

- Bei Grundstücken unter 5.000 m² werden keine Abzüge vorgenommen.
- Bei Grundstücken über 20.000 m² werden pauschal 20 % abgezogen.
- Im Bereich dazwischen wird mit folgender Formel interpoliert::

(Gl. 13-1) $$NBL = \frac{11}{15} BBL + 1.667$$

mit NBL = Nettobauland und BBL = Bruttobauland

Schritt 2: Ermittlung einer Geschossfläche für Nichtwohnnutzungen

Der geschätzte Wert der BGF für Nichtwohnnutzungen ergibt sich grundsätzlich durch folgende Rechnung:

(Gl. 13-2) $$BGF_{NWN} = (NBL - \frac{WE \cdot 80m^2}{GFZ_W}) * GFZ_{G/M}$$

mit BGF = Bruttogeschossfläche; NWN = Nichtwohnnutzung
NBL = Bruttobauland; WE = Zahl der Wohneinheiten;
GFZ = Geschossflächenzahl
W = Wohnfläche G / M = Gewerbefläche / Mischfläche

Sind im NBS Werte für die gesamte GF aller Nutzungen niedergelegt, so verkürzt sich die Rechnung auf:

(Gl. 13-3) $$BGF_{NWN} = BGF_{Gesamt} - (WE \cdot 80m^2)$$

Die 80 m² für die GF einer durchschnittlichen Wohnung sind eine Annahme. Ebenfalls angenommen werden die GFZ-Werte für Wohnen – und zwar 1,2 im Stadtbezirk Mitte, 1,0 in den Bezirken Nord, West, Süd, Ost, Bad Cannstatt, Degerloch, Zuffenhausen und Feuerbach sowie 0,8 in allen anderen Bezirken.

Bei den Büronutzungen muss ebenfalls eine GFZ geschätzt werden. Hier ergab das zunächst angewandte stadtviertelbezogene Verfahren jedoch so kritische Ergebnisse, dass als Alternativverfahren eine Regressionsgleichung über die GFZ der Bürobauprojekte der vergangenen Jahre in Abhängigkeit von Lage- und Umfeldparametern geschätzt wird (zu den Details der Variablen siehe Kapitel 14, das hierzu verwendete Geomodell wird der Übersichtlichkeit halber aber schon hier dargestellt). Das Eingangsdatensample umfasst 548 Bürogebäude, die ab 1990 fertig gestellt wurden und die klar einem Flurstück zuzuordnen sind (d.h. genau ein Gebäude eindeutig auf dem Flurstück oder mehrere Gebäude eindeutig auf dem Flurstück und bekannte Gebäudefachdaten zu allen Gebäuden). Die Erfassung der für die Schätzung in Tab. 13-5 erforderlichen Variablen erfolgt in ArcView und wird in Kapitel 14 noch näher beschrieben. Allerdings müssen hier alle Umfeldvariablen in der Form standardisiert werden, dass sie flächengrößenunabhängig sind – denn der 200-m-Umkreis um ein Polygon hat einen größeren Flächeninhalt als der 200-m-Umkreis um einen Punkt.

Tab. 13-5: Schätzung der Geschossflächenzahlen

Abhängige Variable: Vertragsmiete auf Mietvertragsebene		**Koeff.**	**Sign.**
Konstante		1,861	***
Lagevariable			
DISTZENT	Entfernung zum Schloßplatz in km	-0,110	***
OPNVUTIL	Nutzwert der Entfernung zur S-Bahn	0,00067	***
VTL_1	Dummy für Stadtbezirk Mitte	0,472	**
Umfeldvariable			
HM2HD_FZ	Handelsflächen pro Bruttobauland in 200 m Umkreis	2,044	***
HM2BY_FZ	Büroflächen pro Bruttobauland in 200 m Umkreis	1,356	***
HM2_1914	% der Büroflächen der Baujahre bis 1914 in 200 m Umkreis	0,918	**
HM2_1970	% der Büroflächen der Baujahre 1970-1979 in 200 m Umkreis	-0,659	***
HM2_2000	% der Büroflächen der Baujahre ab 2000 in 200 m Umkreis	-0,398	**
HM2_GRZ	GRZ in 200 m Umkreis	-0,497	***
Lineare Regression, OLS-Schätzung		**n = 548**	**R^2 = 50,6%**
Vorzeichen signifikant auf dem *** 99%-, ** 95%- oder *90%-Niveau. Detaillierte Erklärung der Gebäude-, Lage- und Umfeldvariablen in Kapitel 14.			

Ein Rechenbeispiel für die Anwendung der Schätzgleichung: Für eine Fläche in der Stadtviertelzone vier mit fünf km Distanz zum Zentrum, keiner S-Bahn in der Nähe, je 15.000 m² Handel und Büro in einem Umkreis von 150.000 m² (ergibt jeweils die „Handels- und Büroflächenzahl“ 0,1), ausschließlich Bürogebäuden aus den 1980er und 1990er Jahren im Umfeld und einer nutzungsübergreifenden GRZ im Umfeld von 0,4 ergibt sich der GFZ-Schätzwert:

(Gl. 13-4)

$$1.861 - (0{,}11 * 5) + (2{,}044 * 0{,}1) + (1{,}356 * 0{,}1) - (0{,}497 * 0{,}4) = 1{,}45$$

Liegt der sich in (Gl. 13-2) oder (Gl. 13-3) ergebende Wert unter Null, so wird davon ausgegangen, dass bei den betreffenden Flächen Wohnen im Vordergrund steht und keine Büronutzung in nennenswertem Umfang entsteht.

Schritt 3: Aufteilung der Nichtwohnnutzungen in Büroanteil und andere Nutzungen

Der letzte Schritt muss wieder relativ grob abgeschätzt werden. Hierzu werden die verfügbaren Informationen aus dem NBS, einem unveröffentlichten Arbeitsstättenverzeichnis der Abteilung Stadtentwicklung des Stadtplanungsamtes Stuttgart sowie aus LANDESHAUPTSTADT STUTTGART (2003) zu Hilfe genommen. Grundsätzlich werden bei Flächen mit dem ausgesagten Ziel einer Aufwertung zum Bürostandort 90 % Büroanteil, im unbekannten „Normalfall“ 70%, bei sehr großen Flächen oder mischgenutzten Gebieten 50 % und bei klassischen Gewerbegebieten 20 % angenommen.

Ergebnis

Nach Aussonderung von 58 Flächen, die bei näherer Analyse nicht für Büronutzungen in Frage kommen, ergeben sich 184 Bauflächen mit insgesamt 2,11 Mio. m² möglicher Büro-GF.

Bei dieser auf die aktuell bekannten Bauflächen über 2.000 m² beschränkten Zahl sind keine kleinteiligen Nachverdichtungen des Gebäudebestandes außerhalb der Potenzialflächen enthalten, z.B. durch Abriss – Neubau, Refurbishment, Aufstockung o.ä. Das eigentliche Flächenangebot liegt somit höher. Auf der anderen Seite muss berücksichtigt werden, dass

Plan 3 zeigt die Lage und Größe der Flächen. Dabei zeigt sich eine gute Verteilung über das Stadtgebiet. Zwei wesentliche Schwerpunkte lassen sich eingrenzen: Zum einen die Fildervororte Vaihingen und Möhringen mit zusammen 510.000 m². Zum anderen der Bereich entlang der Bahn in den Stadtbezirken Zuffenhausen (229.000 ²), Feuerbach (260.000 m²), Nord (152.000 m²), Mitte (306.000 m²) und Bad Cannstatt (253.000 m²). Gerade die große Verfügbarkeit von Flächen in zentralen Bereichen (v.a. bedingt durch Stuttgart 21) ist bemerkenswert. Wenige Möglichkeiten bieten die mischgenutzten Innenstadtrandbereiche in den Bezirken Ost, West und Süd. Relativ beschränkt ist das Angebot auch im topographisch engen Neckartal (Unter-/ Obertürkheim, Hedelfingen, Wangen).

Angesichts der Menge der verfügbaren Baulandflächen ist davon auszugehen, dass es keine Engpässe bei der Versorgung mit Bauland für Büronutzungen gibt. Über die Situation in einzelnen Markt- und Standortsegmenten ist im Zusammenhang mit der Anwendung der Modelle noch zu sprechen.

13.1.3 Zeitreihen und Stromgrößen der Angebotsseite

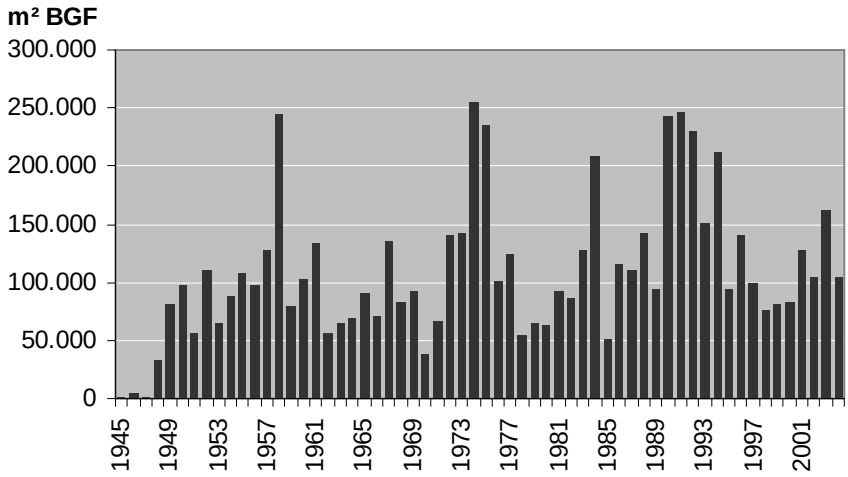
Vergangene Bestandsentwicklung

Die Zeitreihenanalyse der Bestandsdaten unterliegt dem Problem, dass bereits für das aktuelle Jahr unterschiedliche Datenquellen vorliegen (vgl. vorangegangener Absatz):

- Die Begehung ist jedoch rein statisch, so dass deren Daten für eine Zeitreihenanalyse nicht zur Verfügung stehen.
- Die Bestandserhebung über die Gebäudefachdaten kann dynamisiert werden, indem das Feld Baujahr benutzt wird, für jedes Jahr die Summe der neu gebauten Quadratmeter bestimmt wird und dann vom Wert des aktuellsten Jahres rückgerechnet wird. Dabei wird angenommen, dass es in der Vergangenheit nie Abriss gab.
- Aggregatstatistiken werden sowohl von Maklern als auch vom Statistischen Landesamt veröffentlicht.

Die Werte zwischen den verschiedenen Quellen differieren massiv. Bspw. korrelieren die Neubauwerte des Statistischen Landesamtes und der Gebäudefachdaten nur mit einem Koeffizienten von 0,61 – auch wenn die Summen über mehrere Jahre dann wieder relativ ähnlich sind. Grund hierfür sind einerseits unterschiedliche Bürodefinitionen: Das Statistische Landesamt erfasst komplette Gebäude mit Schwerpunktnutzung Büro und Verwaltung, die Gebäudefachdaten wurden nach genehmigten Detailnutzungen ausgewertet. Andererseits dürften sich Übertragungseffekte von einem ins andere Jahr ergeben, je nachdem wann ein Gebäude als fertig gestellt gilt. Angesichts der Fokussierung dieser Studie auf die genehmigten Büroflächen wird im Folgenden nur noch mit der Zeitreihe der Gebäudefachdaten gearbeitet.

Abb. 13-9: Neubau an (genehmigten) Büroflächen in Stuttgart. Quelle: Eigene Auswertung auf Basis der Gebäudefachdaten der Stadt Stuttgart



Baulandangebot und künftige Entwicklung

Die oben erläuterten Daten über das bürogeeignete Flächenangebot teilen sich nach Verwirklichungshorizont auf in die sechs Kategorien der Tab. 13-6. Die Einteilung wurde durch das Stadtplanungsamt Stuttgart getroffen, wobei sie natürlich nur den derzeitigen Wissensstand (Abruf der Daten im Herbst 2007) wiedergeben, der sich durch Engagement von Projektentwicklern bzw. Investoren oder durch unvorhergesehene Entwicklungen schnell ändern kann.

Bei der GF ist zu berücksichtigen, dass sie sich auf den Stand Sommer 2006 bezieht. Ein Teil der Flächen ist inzwischen bebaut. Dies ist im NBS-Abruf von 2007 aber nur auf der Ebene ganzer Bauflächen vermerkt. Die Kategorie „Bau fertig gestellt" in Tab. 13-6 wird somit immer dann unterschätzt, wenn auf einer Fläche zwischen 2006 und 2007 nur einzelne Gebäude fertig gestellt wurden. So erklärt sich der unplausibel niedrige Fertigstellungswert für den Zeitraum Sommer 2006 bis Sommer 2007.

Tab. 13-6: Schätzung der möglichen Büro-GF auf den Angebotsflächen

Zeithorizont	Anzahl Bauflächen	Büro-GF in 1.000 m²
Bau fertig gestellt	4	16
Im Bau	4	86
Kurzfristig (bis ein Jahr)	78	703
Mittelfristig (ein bis fünf Jahre)	52	683
Langfristig (über fünf Jahre)	45	617
Nicht bekannt	1	4
Gesamtergebnis	**184**	**2.108**

13.2 Nachfrageseite: Bürobeschäftigung und Inanspruchnahme

Während auf der Angebotsseite zumindest Mikrodaten über den Gebäudebestand vorliegen und das Problem lediglich in der Differenzierung zwischen Büro- und Nicht-Bürogebäude liegt, ist die Situation auf der Nachfrageseite noch schwieriger: Auf Mikroebene liegen nämlich selbst ohne Differenzierung in Büronutzer und Nicht-Büronutzer keine besonders guten Daten vor. Allerdings ist die Situation bei den Makro- (Aggregat-) Daten besser.

13.2.1 Modelleinheiten der Nachfrage: Bürobeschäftigte und Büronutzer

Bürobeschäftigte und Dienstleistungsbeschäftigte

Der einzelne Bürobeschäftigte ist die kleinste Einheit und zugleich die wichtigste Triebkraft der Nachfrage. Bürobeschäftigte sind dabei diejenigen Beschäftigten (Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte, Beamte und Selbständige), die einen Arbeitsplatz in einem Büro belegen. Die Lokalisierung von Bürobeschäftigten in Querschnittsdaten erfolgt idealerweise über die nächstgrößere Einheit:

Arbeitsstätten

Arbeitsstätten sind die kleinsten Aggregateinheiten der Bürobeschäftigten. Eine Arbeitsstätte ist standortgebunden, Betriebe mit mehreren Standorten belegen also teilweise mehrere Arbeitsstätten. Arbeitsstätten wären eigentlich die optimale Betrachtungsebene für die Büronutzung. In der Realität liegen über sie aber nahezu keine Daten vor, da die letzte Arbeitsstättenzählung im Rahmen der Volkszählung 1987 stattfand.

Büronutzer

In der vorliegenden Arbeit wird deshalb mit der Einheit des Büronutzers gearbeitet. Als solcher wird ein Betrieb, eine Verwaltung oder ein Verband bezeichnet, der in den Quelldaten als eine Einheit verzeichnet ist. Idealerweise belegt ein Büronutzer eine Arbeitsstätte, in der Realität gibt es Abweichungen, die bei unterschiedlichen Quelldaten unterschiedlich groß sind. Bereits in Kapitel 8.1.2 wurde das Problem der unterschiedlichen Nutzerdatenquellen angesprochen (vgl. hierzu auch VAN ELKAN 1998, 95). In der vorliegenden Arbeit scheiden die Betriebsdaten der Bundesanstalt für Arbeit auf der Mikroebene aus. Zwar sind sie die einzige Quelle mit kompletter und korrekter Information über die Zahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten, aber sie sind auf der Ebene eindeutig lokalisierbarer Betriebe aus Datenschutzgründen nicht zu bekommen. Außerdem aggregieren sie Arbeitsstätten räumlich noch stärker als die IHK-Daten. Mit letzteren muss also gearbeitet werden.

13.2.2 Querschnittsdaten der Nachfrageseite

Nutzer I: IHK-Datenbank

IHK-Daten umfassen Gewerbemeldungen (wobei hier nur Betriebe mit Eintrag ins Handelsregister gewählt wurden, um Kleingewerbetreibende auszusortieren), aber keine Freiberufler, Verbände und Verwaltungen. Der Datensatz wurde freundlicherweise durch die IHK Region Stuttgart zur Verfügung gestellt und umfasst zum Stichzeitpunkt Frühjahr 2007 die Zahl von 13.097 Firmen. Wichtig ist, dass mit dem Firmendatensample noch keine Aussage über die Nutzung von Büros verbunden ist!

Am stärksten ausdetailliert sind in den IHK-Daten die Attributinformationen über die Branchen – teilweise reichen sie bis zur zweiten Stelle der Systematik der Wirtschaftszweige, teilweise aber auch bis zur sechsten. Sie werden deshalb zu Gruppen aggregiert, wobei hier bei büroaffinen Branchen eine genauere Aufteilung gewählt wurde als bei nicht-büroaffinen. Es ergeben sich somit folgende elf Gruppen:

Tab. 13-7: Bestandsdatensample der IHK Region Stuttgart nach Aggregatgruppen der Wirtschaftszweigsystematik

Branche	Kürzel	WZ-Codes	Anzahl
Land- und Forstwirtschaft	lawi	1-5	44
Produzierendes Gewerbe und Baugewerbe	prod	10-45	1.290
Handel, Großhandel , Gaststätten	hand	50-59	3.469
Verkehrsgewerbe und Nachrichtenübermittlung	verk	60-64	540
Banken und Versicherungen	bank	65-69	634
Unternehmensbezogene Dienstleistungen der WZ-Klassen 70 bis 73	ubdl1	70-73	2.082
Unternehmensbezogene Dienstleistungen der WZ-Klasse 74	ubdl2	74	4.186
Verwaltung und Sozialversicherung	verw	75-79, 91	16
Kultur	kult	80-84, 92	328
Soziales und Gesundheit	sozi	85-89	75
sonstige Dienstleistungen	rest	90, 93-99	131
Summe			**12.795**

Die verschiedenen möglichen Rechtsformen der Unternehmen aus der IHK-Statistik werden ebenfalls aggregiert zu den Gruppen Personengesellschaften, Mehrpersonengesellschaften, GmbH's u.ä., Aktiengesellschaften u.ä. sowie gemeinnützige Gesellschaften. Die genaue Zuordnung selten vorkommender Rechtstypen kann Anhang 2 entnommen werden.

Die zwölf Beschäftigtengrößenklassen (siehe Anhang 2) werden direkt von der IHK übernommen. Problematisch ist hier die hohe Zahl an unbekannten Feldern (ca. in der Hälfte der Fälle), die als eigene dreizehnte Klasse kodiert werden.

Nutzer II: Gelbe Seiten

Die IHK-Daten decken keine Freiberufler ab. Gleiches gilt für Behörden und Verbände, welche ebenfalls klassische Büronutzer sind. Für diese Branchen wurde deshalb auf die Gelben Seiten zurückgegriffen. Erfahrungsgemäß sind in dieser Datenquelle (in noch höherem Umfang) als bei den IHK-Daten Fehler enthalten. Die Mehrzahl davon entfällt aber auf zu späte Meldungen oder Änderungsmeldungen. Aus diesem Grund muss davon ausgegangen werden, dass der vorliegende Abruf vom Sommer 2007 eher die Situation einige Monate früher abbildet bzw. dass die Zeitverschiebung zwischen abgebildeter Realität und Daten in verschiedenen Immobilien unterschiedlich sein kann.

Aus den Gelben Seiten wurden folgende (Büro-)Nutzer mit Adresse und manuell zugeordnetem Wirtschaftszweig, aber ohne Angaben zur Betriebsgröße selektiert. Zur Plausibilitätsprüfung wurden die Daten mit einer deutschlandweiten Freiberuflerstatistik verglichen (BUNDESVERBAND DER FREIEN BERUFE 2007). Dabei wurde festgestellt, dass das Verhältnis der Berufszweige zueinander in beiden Statistiken stimmig ist.

Tab. 13-8: Bestandsdatensample der Freiberufler, Behörden und Verbände

Branche	Zugeordnet zu Gruppe	Zugeordneter WZ-Code	Anzahl
Rechtsanwälte, Steuerberater, Unternehmensberater, Wirtschaftsprüfung	ubdl2	74	2.028
Architekten, Stadtplaner, Ingenieure, Sachverständige	ubdl2	74	1.520
Ärzte, Therapeuten	sozi	85	2.262
Behörden und Verbände	verw	75, 91	278
Summe			**6.088**

Anmerkungen zur Nutzerdatensituation

Grundsätzlich gilt für alle Nutzerdaten: Der räumliche Bezug ist über die Adresse gegeben. Wie viele Flächen diese Nutzer belegen, ist auf der gesamtstädtischen Ebene jeweils unbekannt. Eine Rekonstruktion anhand der Zahl der Beschäftigten ist relativ schwierig. Auf die Zuordnung zwischen Angebot (Büroflächen) und Nachfrage (Nutzer) wird in Kapitel 14 nochmals vertieft eingegangen.

Die kritische Qualität der Nutzerdaten ist sicherlich problematisch. Deshalb werden in Studien zu Büro- bzw. Einzelhandelsnutzung meist Begehungen durchgeführt. Dies schied im vorliegenden Fall jedoch aus Gründen des Aufwandes aus, da diese Arbeit ihren Schwerpunkt lieber im wissenschaftlich-methodischen Bereich setzt.

Besonders gravierend ist die Eingangsdatensituation in Studien mit dem expliziten Ziel einer Bestandsaufnahme von Nutzern. Im vorliegenden Fall dienen die Mikrodaten jedoch im Wesentlichen als Basis für Aggregatdaten und als Startpopulation für die Simulation. In beiden Fällen geht es nicht darum, im Einzelfall zu 100 % korrekte Eingangsdaten zu besitzen, sondern um die repräsentative Abbildung des Marktes und seiner Akteure – zur Not unter Einsatz synthetischer Ersatzpopulationen für nicht bekannte tatsächliche Populationen. Dies können die IHK-Daten sowie die Gelben Seiten (in den angegebenen Branchen) leisten.

13.2.3 Zeitreihen und Stromgrößen der Nachfrageseite

Zeitreihe der Bürobeschäftigten

Bürobeschäftigte werden üblicherweise nach der Methode von DOBBERSTEIN (1997) durch die Multiplikation von Berufsordnungen der Sozialversicherungsstatistik mit berufsordnungsspezifischen Quoten ermittelt. Eine entsprechende Zeitreihe für Stuttgart liegt erst ab dem Jahr 1993 vor (Quelle: Bräutigam und Kramer). Sie lässt den konjunkturtypischen Zyklus erkennen, wobei der Gesamtanstieg sehr moderat ausfällt.

Längere Zeitreihen können über die in den USA übliche Methode der Verwendung von Proxy-Variablen generiert werden. Hierfür wurde über Statistik regional eine Zeitreihe der Dienstleistungsbeschäftigten ohne Handel und Gaststätten (WZ-Code ab 60) generiert. Sie bildet die Zyklen in gleicher Art und Weise ab, der Korrelationskoeffizient mit der Bürobeschäftigten-Zeitreihe beträgt 0,88. Interessant ist, dass sich die Werte der beiden Größen jedoch zunehmend annähern – d.h. die Dienstleistungsbeschäftigung steigt stärker als die Bürobeschäftigung. Hierfür könnten Auslagerungsprozesse aus dem in Stuttgart starken produzierenden Gewerbe verantwortlich sein. Vergibt die Daimler AG bspw. Tätigkeiten, die vorher im Haus bearbeitet wurden, so bleibt die Zahl der Bürobeschäftigten konstant. Die entsprechenden Beschäftigten wechseln jedoch vom sekundären in den tertiären Sektor.

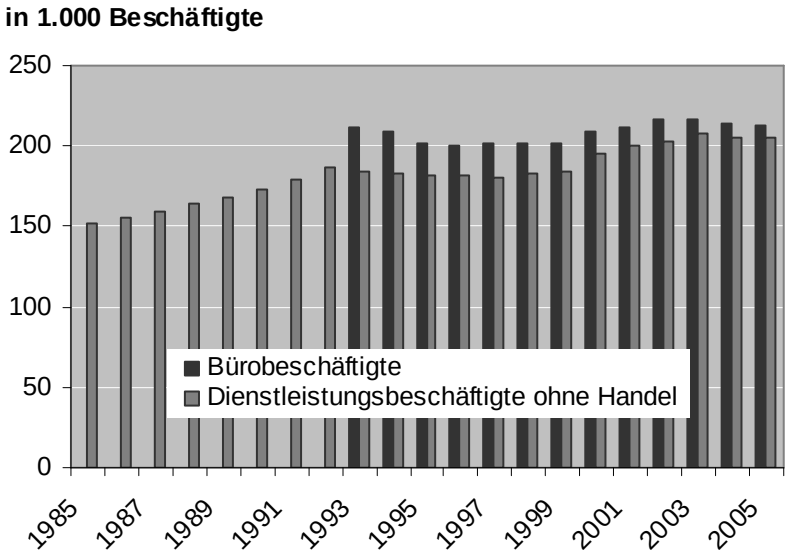
Ein zweiter Erklärungsansatz könnten Zuwächse im Gesundheitssektor sein (Dienstleistungen mit relativ geringem Anteil an Bürobeschäftigten).

Die Zeitreihe der Bürobeschäftigten wurde für die ökonometrischen Analysen in Kapitel 15 mit Hilfe der gegebenen Dienstleistungsbeschäftigung verlängert, indem folgende Regressionsgleichung geschätzt wurde (Korr. R^2 = 92,7 %, Durbin-Watson-Statistik 2,11):

(Gl. 13-5) $BB = 2.917.096 - (0{,}957 * DLB) – (1.447 * JAHR)$

Mit BB = Zahl der Bürobeschäftigten DLB = Zahl der Dienstleistungsbeschäftgten ohne Handel

Abb. 13-10: Zeitreihe der Bürobeschäftigten und Dienstleistungsbeschäftigten. Quelle: Eigene Darstellung; Daten von Atisreal, Statistisches Landesamt Baden-Württemberg



Eine Prognose der Büro- bzw. Dienstleistungsbeschäftigten ist auf der genauen regionalen Ebene einer Stadt äußerst schwierig. Dabei sind verschiedene grundsätzliche Trends und Prognosen zu berücksichtigen:

- Die Zahl der Erwerbspersonen am Wohnort soll laut der Raumordnungsprognose des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung in der Region (!) Stuttgart bis 2020 leicht steigen (Kategorie plus 3 % bis plus 9 %). Somit dürfte das Problem eines Arbeitskräftemangels durch den demographischen Wandel als limitierender Faktor für Büroflächenbedarf bzw. Flächennachfrage in Stuttgart abgemildert bzw. verspätet auftreten (vgl. BBR 2006, 9).

- Entscheidend für die Büroflächennachfrage sind jedoch die Beschäftigten am Arbeitsort. Die jüngste Bürobeschäftigtenprognose des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR 2007, 278) ordnet die Region (!) Stuttgart in die dynamischste Kategorie des Bürobeschäftigtenwachstum von über 11% bis 2015 ein. In so genannten dynamischen Wirtschaftszweigen werden hier sogar über 21 % Zuwachs prognostiziert.

- Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass innerhalb der Region Stuttgart seit Jahren der Trend anhält, dass (im Gegensatz zu den Umlandkreisen) die Zahl der Erwerbstätigen zurückgeht, während die der Dienstleistungsbeschäftigten bedingt durch den Strukturwandel noch leicht steigt (vgl. www.statistik.baden-wuerttemberg.de).

Angesichts der noch relativ hohen Zahl produzierender Betriebe in der Stadt, der Verschiebung der Tätigkeiten auch innerhalb des sekundären Sektors hin zu Verwaltung, Entwicklung und Beratung (vgl. WEIDIG / HOFER / WOLFF 1998) sowie der Bedeutung von kombinierten Dienstleistungs-Fertigungsverbünden wird hier davon ausgegangen, dass die Zahl der Büro- und der Dienstleistungsbeschäftigten weiter – evtl. in reduziertem Maße – ansteigen wird.

Die Modellierung der Büromarktentwicklung ist auf exogene Prognosedaten zur Bürobeschäftigung angewiesen, die auf Stadtebene nicht vorliegen und so kleinräumig auch schwer vorzulegen sind. Aus diesem Grund muss in mehreren Szenarien gerechnet werden. Dabei sei vorgeschlagen, einen Korridor zwischen mittelfristig konstanter Bürobeschäftigung und einer Rückkehr zu den Steigerungsraten der 80er Jahre abzudecken. Demnach ergibt sich:

- als unteres Status-Quo-Szenario 1 ein Zielwert von 215.000 Bürobeschäftigten im Jahr 2020,
- als mittleres Trendszenario 2 ein Zielwert von 230.000 Bürobeschäftigten im Jahr 2020,
- als oberes Wachstumsszenario 3 ein Zielwert von 250.000 Bürobeschäftigten im Jahr 2020.

Umzugsdatensample der IHK

Im Vergleich zu anderen Untersuchungen besteht in Stuttgart die seltene Möglichkeit, auf Mikroebene der Einzelunternehmen auf ein bereits vorhandenes Sample von 12.301 Betriebsumzügen von der, in die und innerhalb der *Region* Stuttgart zurückzugreifen. Es umfasst die Jahrgänge 2000 bis 2004. Das Sample wurde dem Autor von der IHK Region Stuttgart freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Grundsätzlich gelten auch im Umzugsdatensample die oben erläuterten Einschränkungen bzgl. der Qualität von IHK-Daten (keine Behörden, Verbände und Freiberufler, nicht alle Betriebsstätten eines Unternehmens erfasst, zahlreiche fehlende Einträge bei der Betriebsgrößenklasse). Im Rahmen der Simulation in Kapitel 15 müssen für die nicht in den IHK-Daten enthaltenen Nutzertypen Umzugsneigungen aus vergleichbaren IHK-Branchen unterstellt werden (z. B. Ergebnisse für GmbH- Architekturbüros werden übertragen auf freiberufliche Architekten).

Aus den Daten wurden die Umzüge mit Bezug zur Stadt Stuttgart gefiltert und um diejenigen bereinigt, die automatisiert unauffindbare Straßennamen hatten (v.a. Einträge wie „Flughafengebäude“, „Bahnhofsgebäude Zuffenhausen“). Es ergeben sich drei Tabellen:

- 2.560 Umzüge innerhalb der *Stadt* Stuttgart.
- 1.409 Fortzüge aus der *Stadt* Stuttgart (in die Region oder an einen anderen deutschen Ort)
- 947 Zuzüge in die *Stadt* Stuttgart (aus der Region oder aus einem anderen deutschen Ort).

Dabei ist zu beachten, dass ein Betrieb auch kombiniert mindestens einmal umgezogen, einmal zugezogen und einmal fortgezogen sein kann. Er ist in den Tabellen dann auch entsprechend mehrmals vorhanden.

Der Anteil der Veränderungen (Umzüge / Fortzüge) zu den (heutigen) Bestandsdaten beträgt 25,5 %. Dieses Ergebnis muss jedoch aus zwei Gründen korrigiert werden:

- Berücksichtigt man den bekannten „Betriebsschwund“ von 2000-2004 sowie den unbekannten 2005 und 2006, so ergibt sich mit den Bestandsdaten von 2000 im Nenner ein geringfügig niedrigerer Prozentsatz.

- Die Zahl der Firmen beträgt nur 98,7% der Umzüge, einige Firmen sind sogar dreifach vorhanden (d.h. dreimal umgezogen).

Der Prozentsatz sich in fünf Jahren mindestens einmal verändernder Firmen wird deshalb von 25,5 % korrigiert auf 24,5 %. Vom Gegenereignis mit *p (keine Veränderung) = 75,5 %* kann die fünfte Wurzel gezogen werden und es ergibt sich eine mittlere jährliche Verbleibsrate bzw. -wahrscheinlichkeit von 94,55 % der Nutzer.

Das entspricht einer mittleren jährlichen Veränderungsrate (-wahrscheinlichkeit) von 5,45 % der Nutzer.

Dies mag auf den ersten Blick gering erscheinen, da der durchschnittliche Nutzer somit fast 20 Jahre in einer Immobilie bleiben müsste. Zum Vergleich sei jedoch angemerkt, dass die großen Makler in Stuttgart zusammen jährlich zwischen 100.000 und 200.000 m² Bürofläche umsetzen. Dies entspricht „nur“ 1,25 bis 2,5 % des Bestandes von 8 Mio. m² Bürofläche. Der Wert liegt aufgrund der Konstanz des Stuttgarter Marktes sicher niedriger als in volatileren Städten.

Für die folgenden Auswertungen werden zwei Tabellen benötigt:

- Für die Frage nach der Standortallokation in Abhängigkeit von Nutzer- und Standorteigenschaften eine Tabelle mit allen Zuzügen und den Zielorten der Umzüge. Sie ist durch Addition der beiden oben genannten Gruppen leicht herzustellen.

- Für die Frage, wann räumliche Veränderungen auftreten und wann nicht, muss eine Tabelle mit allen Umzügen (Startorte), Fortzügen und den verbleibenden Unternehmen (Persistenzen) zusammengestellt werden. Dies ist die kompliziertere Fragestellung und wird deshalb im Folgenden erläutert.

Das Problem bei dieser zweiten Tabelle besteht darin, dass im Wanderungssample von 2000-2004 zwar wandernde Firmen enthalten sind, nicht aber diejenigen, welche nicht gewandert sind. Das Bestandssample datiert von März 2007. Es kann wegen des Zeitsprungs nicht einfach als Sample für die Persistenzen verwendet werden, dient aber als Grundlage.

Die Grundidee besteht darin, dass – gäbe es keinen Zeitsprung – aus dem Bestandssample einfach die Überlappungen mit dem Wanderungssample eliminiert werden müssten um die Persistenten zu erhalten. Gibt es keine Überlappung, so verbleiben die Nutzer im Persistenzsample. Die Lücke 2005 / 2006 sorgt jedoch dafür, dass Zuzügler dieser zwei Jahre fälschlicherweise als Persistente gewertet werden. Im Gegenzug fehlen die Wegzügler 2005 / 2006 bei den Persistenzen. Dieser Fehler erscheint jedoch tolerabel, da positiv bewertete Standorte zusätzlich ins Persistenzsample einfließen und negativ belegte herausfallen. Somit wird der Unterschied zwischen gewählten (positiv bewerteten) und nicht gewählten (negativ bewerteten) Standorten tendenziell vergrößert.

Daraus ergibt sich eine Datenbasis mit 1.409 Fortziehern, 2.560 Umziehern (Startorte) und 11.330 Persistenten. In der Summe sind dies 15.299 Datensätze.

13.3 Marktausgleichsparameter (Preise, Leerstände)

13.3.1 Querschnittsdaten

Leerstandserfassung im Rahmen der Begehung

Leerstände bilden auf der Nachfrageseite sozusagen den Gegenpol zu den Nutzern. Gleichzeitig sind Leerstände als zeitlich schnellster Marktausgleichsmechanismus bei Angebotsüberhängen auch eine Zielkategorie der Prognose (siehe Kapitel 7.5.2). Zunächst geht es darum, die aktuellen Leerstände zu beschreiben. Gute (und v.a. vollständige) Leerstandsdaten sind selten. In Stuttgart liegt die günstige Situation vor, dass die Daten im Rahmen der Begehung durch die Baasner, Möller & Langwald GmbH erhoben wurden. Sie beziehen sich auf die erhobenen Büroobjekte über 500 m².

Die Erhebung ergibt 590.000 m² BGF Leerstand, die sich auf 308 Objekte verteilen. Die Leerstandsquote gemessen am Bestandswert der Baasner, Möller & Langwald GmbH beträgt somit 7,1 %. Dies liegt leicht über dem Wert aktueller Marktberichte (vgl. z.B. BANKHAUS ELLWANGER UND GEIGER 2007, 17 mit 6,5 % für Stuttgart und Leinfelden-Echterdingen). Die Erhebung weist allerdings auch gezielt Flächen aus, welche außerhalb der Quelle von Maklern gefunden wurden.

Stadtviertel- und Qualitätsspezifisch aggregierte Preisdaten der Makler

Der Stuttgarter Büroflächenmarkt wird derzeit u.a. durch Marktberichte der Makler Atisreal, Bräutigam & Kramer sowie Ellwanger & Geiger abgedeckt. Sie erfassen stadtweite Aggregatdaten, wobei nach Durchschnittsmieten und Spitzenmieten unterschieden wird (letztere umfassen das oberste Perzentil von etwas 3-5 % der Flächen bei den Umsätzen).

Mikrodaten von Maklern liegen dem Autor für die vorliegende Arbeit nicht vor, da hier besondere Ansprüche bei Herausgabe und Anonymisierung der Daten bestehen. Es sei aber darauf hingewiesen, dass sich mit den im Folgenden dargestellten methodischen Grundlagen gerade für Makler und ihren Datenbestand das Verfahren der hedonischen Preisanalyse anbietet.

Vorhanden sind jedoch Daten aus verschiedenen räumlichen Untereinheiten der Stadt. Beispielhaft werden hier die Werte von Atisreal wiedergegeben:

Tab. 13-9: Aggregierte Spitzen- und Durchschnittsmieten nach Stadtviertel. Quelle: ATISREAL (2007)

Räumlicher Bereich	Spitzenmiete in €	Durchschnittmiete in €
City	18,50	15,00
Cityrand Nord/Heilbronner Straße	13,50	12,50
Cityrand Ost	13,00	8,50
City West	13,00	11,00
Degerloch	12,50	10,50
Feuerbach/Zuffenhausen	12,00	9,50
Fasanenhof	11,00	9,00
Vaihingen/Möhringen	14,00	9,50
Weilimdorf	11,50	9,50

Preise auf Mikroebene I: Gutachterausschuss / Kaufpreissammlung

Da in Deutschland – anders als bspw. in den USA – keine regelmäßige oder zumindest einmalige Wertermittlung für Gebäude stattfindet, ist es völlig unmöglich,

einen Überblick über das Preisniveau für alle Büroimmobilien Stuttgarts zu bekommen. Man muss somit mit Stichproben arbeiten, welche über das Verfahren der hedonischen Preisfunktion (vgl. Kapitel 15) auf die ganze Stadt hochgerechnet werden können.

Dem Autor der vorliegenden Studie wurden Daten der Stuttgarter Kaufpreissammlung zur Verfügung gestellt, welche 77 Verkaufsfälle von Bürogebäuden in den Jahren 2000 bis 2006 umfassen. Der durchschnittliche Preis beträgt 1.902 € / m² Nutzfläche, die Standardabweichung allerdings 947 €.

Um eine Anonymisierung der Fälle herzustellen, wurden dem Autor lediglich die Baublocknummern der einzelnen Datensätze und keine Adressen zur Verfügung gestellt. In der Konsequenz ist eine Bestimmung von Gebäudevariablen aus den Gebäudefachdaten (aus dem GIS) nicht möglich. Diese Gebäudevariablen sind jedoch analog zu den Gebäudefachdaten als alphanumerische Daten im Sample der Kaufpreissammlung vorhanden:

- Baujahr
- Nutzfläche
- Grundstücksgröße
- Mischnutzung (Gebäude enthält auch Wohnungen)

Mit diesen Angaben wurde der Parameter Nutzflächenzahl (zur Messung der Dichte) errechnet.

Zusätzlich sind Informationen über die Größe der Mietfläche, den Verkaufspreis und das Verkaufsdatum verfügbar. Umfeldabfragen (Dichte, Gebäudealter etc. im Umfeld des Baublockzentroids) sind in ArcView möglich und wurden auch durchgeführt).

Für 38 Gebäude aus dem Sample sind zusätzlich Mietpreise vorhanden. Dabei handelt es sich um Bestandsverträge, die wohl teils deutlich vor dem Verkauf geschlossen wurden. Der Mittelwert der Miete beträgt 10,31 € pro Quadratmeter, die Standardabweichung 3,16 €. Die Spannweite bei den Mieten ist deutlich geringer als bei den Kaufpreisen (Faktor 3 zwischen Minimal- und Maximalwert gegenüber Faktor 20 bei den Kaufpreisen).

Bei diesen 38 Gebäuden sind als alphanumerische Gebäudevariable zusätzlich Gebäudegrundfläche, Zahl der Vollgeschosse, Zahl der Untergeschosse, Zahl der Tiefgaragengeschosse, Gebäudeausstattung (dreistufig) und Unterhaltungszustand (dreistufig) bekannt. Hieraus wurden die GRZ sowie die absolute Größe der Freifläche (als Indikator für Parkplätze und Grün) errechnet.

Insgesamt umfasst das Sample der Kaufpreissammlung nur eine bedingt gute Basis für die Schätzung der Einflussfaktoren des Büropreisniveaus. Dazu folgende Anmerkungen:

- Die Fallzahl ist für eine stuttgartweite Analyse eigentlich zu gering - insbesondere bei den Mietpreisen.
- Bei den Kaufpreisen ist die Fallzahl zwar höher, dafür verzerren Notverkäufe oder andere Sonderfälle, ohne dass dies durch erklärende Variable erfasst wäre. Dies senkt den Erklärungsgehalt des Schätzmodells. Für die weitere Analyse werden zunächst drei Extremwerte ausgesondert.

- Die 77 Gebäude bilden keine vollständig repräsentative Stichprobe der 5.428 in Stuttgart existierenden Bürogebäude. Vereinfacht gesagt umfasst die Kaufpreissammlung Gebäude, die zu neu, zu groß und zu peripher sind. Ein ausgewähltes Sample, das ein genaues Abbild der tatsächlichen Stuttgarter Büroflächen bietet, ist aus diesen Daten quasi nicht herzustellen, da hierbei so viele Werte ausgelassen werden müssten, dass das Sample dann definitiv zu klein würde.

Preise auf Mikroebene II: Investment Property Databank (IPD)

Die Investment Property Databank (ehem. Deutsche Immobilien-Datenbank) bietet eine stetig wachsende Datenbasis über Mietverträge in Deutschland. Sie wird gespeist von großen Immobilieneigentümern, welche ihre Verträge eingeben und im Gegenzug aggregierte Marktinformationen mit frei wählbarem Gebietzuschnitt (per Web-GIS) erhalten.

In der Datenbankabfrage von Mikrodatensätzen für die Stadt Stuttgart, welche dem Autor freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurde, sind 346 Mietverträge in 73 Gebäuden vorhanden. Gebäudemieten wurden ermittelt, indem die Mieten der einzelnen Mietverträge in einem Gebäude flächengewichtet gemittelt wurden. Es handelt sich um Vertragsmieten von Neu- und Bestandsverträgen zum Stichzeitpunkt Sommer 2006. Die IPD bemüht sich um die Ermittlung von Effektivmieten, d.h. die Einbeziehung vertragsfreier Zeiten und anderer Incentives. Da diese Daten aber nicht bei allen Verträgen (insbesondere nicht bei älteren Bestandsverträgen) vorliegen, muss hier mit Vertragsmieten gearbeitet werden.

Die Vertragsmieten pro Quadratmeter Nutzfläche betragen 12,76 €, die Standardabweichung beträgt 4,69 €. Faktor 14 zwischen Minimal- und Maximalwert deutet auf ein relativ inhomogenes Sample hin. Es wurden allerdings keine Datensätze gestrichen, da kein Wert einen extremen Abstand zu seinem Nachbarn einnimmt.

Auch bei den Daten der IPD kann aus Datenschutzgründen der räumliche Bezug nur über die Baublocknummern geschaffen werden. Wie bei den Daten der Kaufpreissammlung stammen die Lage- und Umfeldvariablen deshalb aus einer GIS-Abfrage, welche von den Zentroiden der Baublöcke ausgeht. Folgende Gebäudevariable stehen in alphanumerischer Form im Datensample der IPD zur Verfügung:

- Nutzfläche des Gebäudes
- Durchschnittliche Mietfläche eines Nutzers
- Ökonomisches und reales Baujahr.

Diese Variablen decken sich allerdings nicht mit den Gebäudevariablen der Gebäudefachdaten. Das ökonomische Baujahr kann jedoch mit dem Umbaujahr der Gebäudefachdaten gleichgesetzt werden. Die Stockwerkszahl der Gebäude wurde während des Aufenthalts bei der IPD manuell hinzugefügt, um zumindest auf die zentrale fehlende Gebäudevariable der Gebäudefachdaten zugreifen zu können.

Ähnlich wie bei den Daten des Gutachterausschusses ist keine Repräsentativität für den gesamten Stuttgarter Büroflächenbestand vorhanden. Auch hier gilt: zu neu und zu groß, allerdings eher zu zentral als zu peripher. Angesichts der Tatsache, dass die an die IPD liefernden Fonds typischerweise in große reine Bürogebäude in etablierten Lagen investieren, erscheint dies einsichtig.

Ein zusätzliches Problem besteht darin, dass in dem 73 er Sample an unterschiedlichen Stellen drei bis zehn Lücken sind. Insbesondere die Variablen "Nutzfläche“ und "ökonomisches Baujahr" sind nicht für alle Gebäude verfügbar, jedoch – wie

sich nach ersten Tests gezeigt hat – signifikant in ihrer Wirkung auf den Mietpreis. Um das Sample nicht zu stark zu reduzieren, wurde deshalb versucht, die Lücken im Datenbestand mit plausiblen Werten zu füllen. Hierzu wurden zwei lineare Regressionen mit den lückenhaften Variablen als zu erklärende Variable durchgeführt (vgl. hierzu GREENE [4]2000, 259 ff.).

Tab. 13-10: Schätzung der Lücken im Datenfeld „Nutzfläche"

Abhängige Variable: Nutzfläche des gesamten Gebäudes		**Koeff.**	**Sign.**
Konstante		-347,179	
Gebäudevariable (Quelle: IPD)			
VERTR_AR	Summe aller durch die IPD erfassten Vertragsflächen im Gebäude	1,108	***
MAXJ2000	Ökonomisches Baujahr nach 2000 (Dummy)	3.355,208	***
Lage- und Umkreisvariable (Quelle: Eigene Berechnung)			
HM2_HAND	Handelsflächen in 200 m Umkreis	0,054	***
VTL1	Stadtbezirk Mitte (Dummy-Variable)	-2.593,906	**
VTL3	Östliche Stadtbezirke (Dummy-Variable)	2.284,800	*
Lineare Regression, OLS-Schätzung		**n=62**	**R^2 = 84,0 %**
Vorzeichen signifikant auf dem *** 99%-, ** 95%- oder *90%-Niveau. Detaillierte Erklärung der Gebäude-, Lage- und Umfeldvariablen in Kapitel 14.			

Die Tabelle ist wie folgt zu lesen: Zur Konstante von -347,179 addieren sich die Produkte aus Koeffizient und erklärender Variable. Bei Dummy-Variablen beträgt die erklärende Variable Eins (Bedingung trifft zu) oder Null. Für ein Gebäude mit 1.000 m² Vertragsfläche, Baujahr nach 2000, keinem Handel im Umkreis und Stadtbereich VTL5 ergibt sich also ein Schätzwert von 4.116 m² Nutzfläche.

(Gl. 13-6) $\hat{y} = -347{,}179 + (1.000 * 1{,}108) + 3.355{,}208 = 4.116$

Die Hochrechnung des ökonomischen Baujahrs erfolgt analog.

Tab. 13-11: Schätzung der Lücken im Datenfeld „Ökonomisches Baujahr"

Abhängige Variable: Ökonomisches Baujahr		**Koeff.**	**Sign.**
Konstante		2005,462	***
Gebäudevariable (Quelle: IPD)			
NF_GEB	Nutzfläche des gesamten Gebäudes	0,001260	***
AV_CAREA	Durchschnittliche Fläche eines Mietvertrages	-0,000719	**
Lage- und Umkreisvariable (Quelle: Eigene Berechnung)			
DISTZENT	Entfernung zum Stadtzentrum	0,868	
VTL2	Stadtbezirk Nord	-12,223	**
HM2_VACR	Leerstandsrate in 200 m Umkreis	79,178	***
HM2_1915	Anteil Büroflächen der Baujahre 1915-1944 im Umkreis	-60,157	***
HM2_AVGF	Durchschnittliche GF eines Bürogebäudes im Umkreis	-0,002582	***
HM2_HAND	Handelsfläche im Umkreis	0,000095	***
HM2_GRZ	GRZ im Umkreis	-64,946	***
Lineare Regression, OLS-Schätzung		**n=67**	**R^2 = 57,8 %**
Vorzeichen signifikant auf dem *** 99%-, ** 95%- oder *90%-Niveau. Detaillierte Erklärung der Gebäude-, Lage- und Umfeldvariablen in Kapitel 14.			

Preise auf Mikroebene III: Büromietenumfrage der IHK Region Stuttgart

Die IHK Region Stuttgart führt in Abständen von ca. zwei Jahren eine Befragung ihrer Mitgliedsunternehmen zur Höhe und Angemessenheit der Büromieten in der gesamten Region durch (vgl. EISENMANN 2005). Ziel der Analyse ist eine Orientierungshilfe für die Mitgliedsunternehmen. Für die vorliegende Arbeit wurden dem Autor dankenswerterweise die Mikrodatensätze der zum Abgabetermin der Dissertation noch nicht veröffentlichten Umfrage von 2007 zur Verfügung gestellt.

Die Anonymisierung bestand lediglich in der Unterdrückung der unternehmensbezogenen Felder. Somit umfasste die Eingangstabelle auch Adressen, welche zur Verknüpfung mit den Gebäudefachdaten der Stadt Stuttgart genutzt werden konnten. Dies ist ein entscheidender Vorteil gegenüber den anderen beiden Datenquellen, da hier genau die Geovariablen zur Verfügung stehen, auf die später auch bei der Hochrechung der Preise für das ganze Stadtgebiet zurückgegriffen werden kann. Zusätzlich umfassen die Befragungsdaten auch folgende alphanumerische Felder:

- Vertragslaufzeit
- Unbefristeter Vertrag (Dummy)
- Vertragsmietfläche

Die zur Verfügung gestellten Daten umfassen 137 Datensätze. Da über die Adresse Geofachdaten angeknüpft werden sollen, diese aber nur für 32.516 von 184.441 Gebäuden vorliegen, reduziert sich der Wert auf 118 Datensätze. Die dabei heraus gefallenen Datensätze liegen in reinen Wohngebäuden.

Der Mittelwert der Mieten im IHK-Sample liegt bei 9,92 €, die Standardabweichung bei 2,75 €. Zwischen minimaler und maximaler Miete liegt Faktor vier.

Die IHK-Daten bilden im Gegensatz zu den beiden anderen Samples v.a. kleine Büroeinheiten bei realistischer Altersverteilung der Gebäude ab. Problematisch könnte am IHK-Datensatz sein, dass die für Unternehmensbefragungen typisch niedrige Rücklaufquote zu Verzerrungen führt. Nach Auskunft der Verantwortlichen steigt insbesondere in Hochpreisphasen die Beteiligung an der Umfrage an. Dies spricht dafür, dass höherer Leidensdruck bei der Miete auch die Bereitschaft zur Ausfüllung des Fragebogens steigert.

Fazit zu den Preisdaten auf Mikroebene

Mit den drei aufgeführten Datenquellen sind eigentlich alle Möglichkeiten der Datenerfassung abgedeckt: Sowohl die freiwillige Erfassung auf der Mieterseite (IHK), auf der Vermieterseite (IPD) als auch die öffentliche Pflichterfassung (Gutachterausschuss, allerdings nur bei Verkäufen). Trotzdem ist die Situation nicht zufrieden stellend – insbesondere die Fallzahl könnte deutlich höher sein. Da die in den USA übliche Pflichterfassung von Gebäudewerten (*tax assessment*) ausscheidet, kann nur auf dieser Basis weitergearbeitet werden. In Zukunft ist allerdings bei der IPD durchaus eine höhere Fallzahl zu erwarten. Die Methodik der hedonischen Preisanalyse wird hier anhand der vorhandenen Daten gezeigt. Sie ist insbesondere auch für die umfangreicheren Mikrodaten der Makler brauchbar, welche nicht veröffentlicht werden.

Um die Fallzahl zu erhöhen und gleichzeitig das Problem zu lösen, dass die IHK-Daten eher kleine Büroflächen abdecken und die anderen beiden Quellen eher

große, könnte auch eine Vereinigung der drei Samples in Betracht gezogen werden. Dies ist allerdings kritisch zu beurteilen, da nicht hundertprozentig sichergestellt werden kann, dass tatsächlich der gleiche Miet- und Flächenbegriff den Daten zugrunde liegt.

13.3.2 Zeitreihen und Stromgrößen

Leerstandszeitreihen der Makler

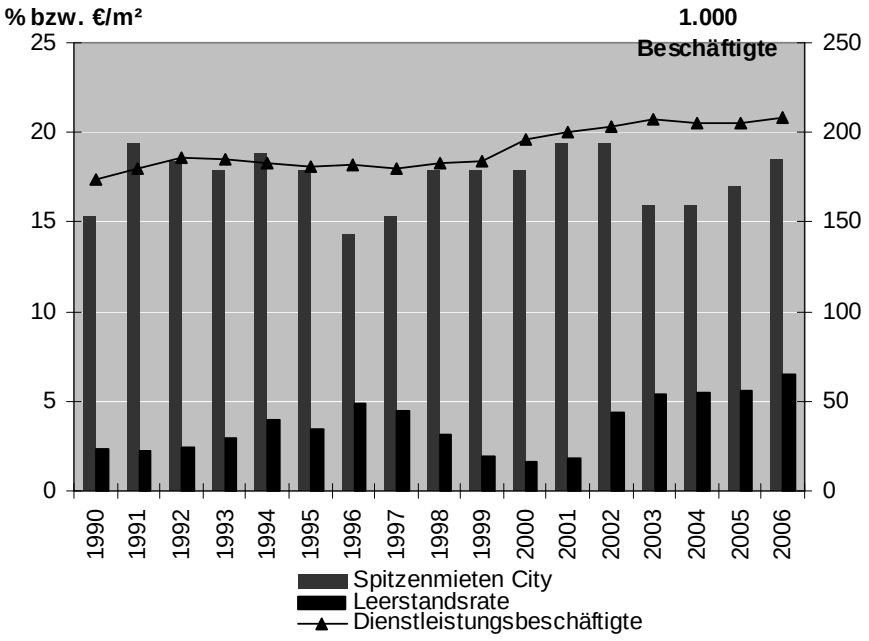
Analog zur Bürobeschäftigung werden von Maklern auch Zeitreihen zur Leerstandsentwicklung gesammelt. Abb. 13-11 zeigt eine Zeitreihe. Es wird die Gegenläufigkeit von Beschäftigung und Leerständen deutlich.

Mietzeitreihen der Makler

Wie bei Bürobeschäftigten und Leerständen gilt auch für die Preise, dass die Makler Aggregatzeitreihen erfassen. Theoretisch liegen derartige Zeitreihen auch für die Stadtviertel vor. In der Praxis reicht die Berichterstattung zumindest in Stuttgart jedoch nicht besonders weit zurück, so dass die Daten für eine statistische Zeitreihenanalyse oder die Verwendung in Mehrgleichungsmodellen nicht geeignet sind.

Abb. 13-11 zeigt die Zeitreihe für die Preise. Zur besseren Verdeutlichung der Zyklizität wurden zudem die beiden oben bereits dargestellten Größen Leerstand und Dienstleistungsbeschäftigte (ohne Handel) aufgetragen. Man sieht den Zusammenhang zwischen stagnierenden Beschäftigtenzahlen, höherer Leerstandsquote und niedrigeren Mieten sowohl Mitte der Neunziger Jahre als auch 2003 / 2004.

Abb. 13-11: Zeitreihe von Spitzenmieten, Leerständen und Beschäftigten in Stuttgart. Quelle: Eigene Darstellung, Daten von Atisreal und Statistisches Landesamt Baden-Württemberg



14 Lokalisierung und Lagebeschreibung bei Mikrodaten

Auch wenn die Datenlage auf der Mikroebene einige Schwachstellen aufweist, so können die im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Mikrodaten dennoch als Grundlage für die in Teil C beschriebenen Modelle dienen. In allen Fällen (hedonisches Preismodell, Schätzung von Leerstandswahrscheinlichkeiten, individuelle Umzugswahrscheinlichkeit, Standortallokationsmodell) muss der Standort von Immobilien und den darin befindlichen Nutzern quantitativ beschrieben werden. Kapitel 14.2 widmet sich der Beschreibung durch Lage-, Umfeld-, Objekt- und Gebäudevariablen. Voraussetzung für die Messung ist jedoch die korrekte Verortung aller Mikrodaten. Diese wird im folgenden Kapitel 14.1 vorgenommen.

14.1 Räumliche Verknüpfung der (Bestands-) Mikrodaten

14.1.1 Das Problem unterschiedlicher räumlicher Bezugsebenen

Die in Kapitel 13 beschriebenen Mikrodaten können nur dann für die Modellierung verwendet werden, wenn sie sich räumlich auf die gleiche Einheit beziehen. Dies ist jedoch zunächst nicht der Fall:

- Auf der Angebotsseite liegen komplette Bestandsdaten der städtischen Gebäudefachdaten auf der Ebene des im Kataster verorteten Gebäudes vor. Die Begehung durch das Büro Baasner, Möller & Langwald GmbH verwendet Objekte, die oftmals mehrere Gebäude umfassen, und nur Büroflächen über 500 m² berücksichtigen. In beiden Datensätzen sind Adressen zugeordnet, welche sich im Regelfall auf einer Aggregatebene zwischen Gebäude und Objekt befinden (*ein oder mehrere Gebäude = eine Adresse; ein oder mehrere Adressen = ein Objekt*). Leider gibt es Ausnahmen von der Regel (siehe Punkt Adressen).

- Auf der Nachfrageseite sind die Nutzerdaten (Gewerbebetriebe, Freiberufler, Behörden und Verbände) als Adressen gegeben. Adressen haben teilweise unstandardisierte Formate wie *Goethestraße 28 – 30*. Zu berücksichtigen sind auch Buchstabenzusätze wie *Goethestraße 17c.* Problematischer jedoch ist die Tatsache, dass ein Gebäude in den Gebäudefachdaten und in Adressdatenbanken mit verschiedenen Adressen angegeben sein kann. Dies ist besonders dann der Fall, wenn ein als eine Einheit genehmigtes Gebäude über mehrere Eingänge (und somit mehrere Hausnummern) verfügt. An Straßenecken können sogar unterschiedliche Straßennamen hinzukommen. In diesem Fall gilt: *mehrere Adressen = ein Gebäude*.

- Bei den Marktausgleichsparametern gilt folgendes: Die Leerstände verhalten sich analog zu den Objekten. Die Preise liegen je nach Datenquelle als Adresse oder sogar nur als Baublock vor.

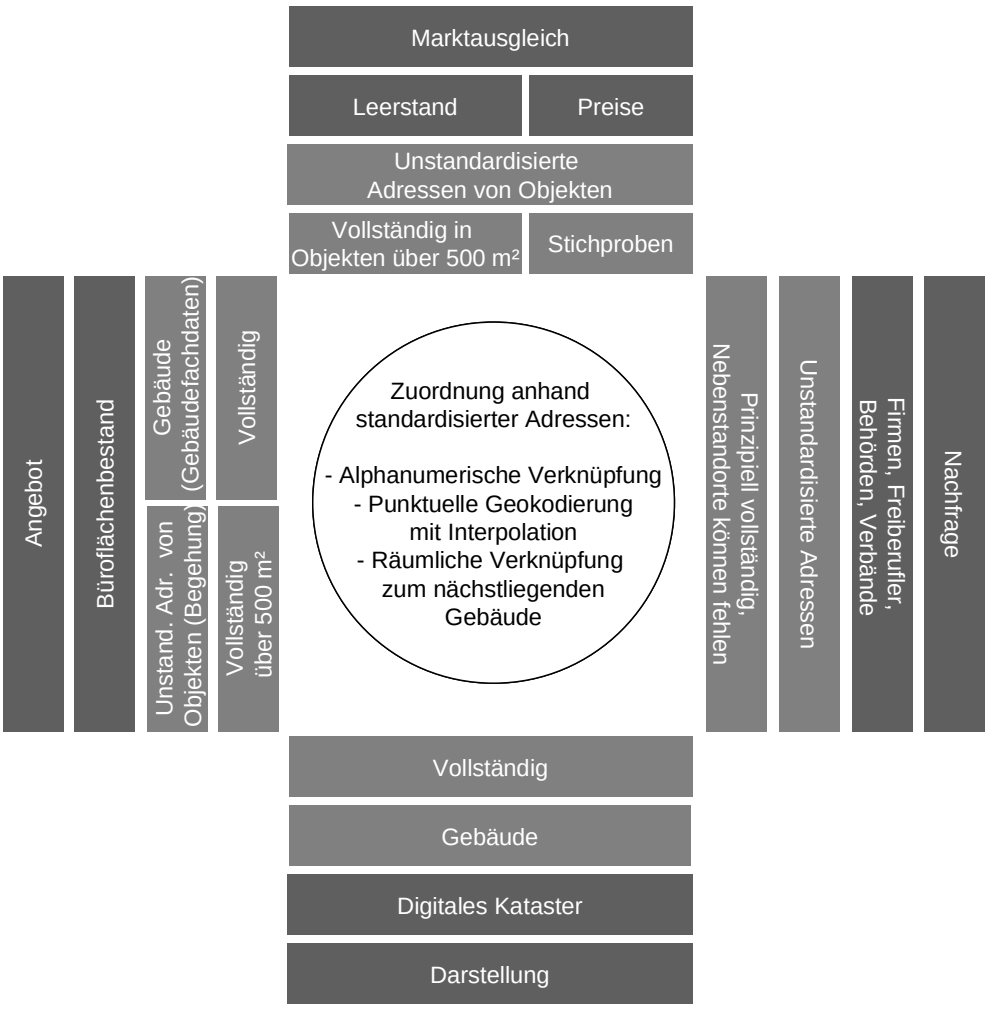
- Schließlich sollen alle Ergebnisse möglichst im städtischen Kataster verortet werden, da dieses die Quantifizierung räumlicherEinflussgrößen (vgl. zu den Grundlagen Teil B) ebenso wie die Visualisierung von Bestandsdaten und Ergebnissen erlaubt. Das städtische Kataster arbeitet auf Ebene der (genehmigten) Gebäude. Allerdings gibt es selbst zwischen Gebäudefach-

daten und Kataster bereits kleinere Divergenzen (0,8%) durch unterschiedliche Gebäudeteilnummern, welche aber bei der Aggregation auf die Ebene der Adressen verschwinden.

Die erste Frage ist diejenige nach der Ebene, in welche alle anderen Daten überführt werden sollen. Die Entscheidung fiel hier auf eine standardisierte Adresse, wie sie in den Gebäudefachdaten enthalten ist. Diese Entscheidung ist gewissermaßen ein Kompromiss. Für die Gebäudeebene als noch detailliertere Stufe spricht die Tatsache, dass hier in den Gebäudefachdaten zusätzliche Attributvariablen verfügbar sind, die nur unter Verlust von Informationen aggregiert werden müssen (z.B. Baujahr des Einzelgebäudes). Dagegen spricht jedoch, dass es äußerst willkürlich ist, Nutzer und Leerstände auf verschiedene Gebäude aufzuteilen. Für die Objektebene spricht die fehlerfreie Zuordnung von Nutzern und Leerständen, allerdings ist der Aufwand, für ganz Stuttgart quasi manuell Objekte zu generieren, enorm hoch und die Verwendbarkeit der detaillierten Gebäudefachdaten sinkt zusätzlich.

Als standardisierte Adresse wird – wie bereits beschrieben – die Form *Goethestraße 17* bezeichnet. Formate wie *Goethestraße 17a* sowie *Goethestraße 17, Teilgebäude 4* müssen deshalb aggregiert werden. Dies betrifft vor allem das Kataster und ist an sich unproblematisch. Die Zahl der betrachteten Einheiten reduziert sich dadurch von 184.441 Gebäuden auf 77.035 standardisierte Adressen. Problematischer sind die Fälle wie *Goethestraße 17-19,* welche nur in den Objekt- und Nutzerdaten vorkommen. Über Zuteilungsalgorithmen in diesem Fall wird noch diskutiert.

Abb. 14-1: Eingangsdaten der Modelle und ihre Ebene des Raumbezugs



Angesichts dieser verschiedenen räumlichen Bezugsebenen sind Fehler bei der Umrechnung von einer Ebene in die andere quasi kaum zu vermeiden. Insbesondere betrifft dies die Umrechung von unstandardisierten Adressen der Objekte, Nutzer, Leerstände und Preise. Aus diesem Grund werden drei alternative Verfahren angewandt, welche je nach Situation eingesetzt werden und in den folgenden Kapiteln 14.1.2 bis 14.1.4 beschrieben werden. Abb. 14-1 veranschaulicht nochmals die verschiedenen Eingangsdaten der Modelle und ihre Ebene des Raumbezugs.

Probleme und Lösungen der Zuordnung sollen im Folgenden anhand des Beispiels des IHK-Firmenbestandssamples mit 13.097 Einträgen näher erläutert werden. Die Erkenntnisse hieraus sind ohne große Einschränkungen auf die anderen Samples zu übertragen, die anhand von Adressen mit den Gebäudefachdaten bzw. den Katasterdaten verknüpft werden (IHK-Preisdaten, Nutzerdaten der Gelben Seiten, Leerstandsdaten der Begehung).

14.1.2 Alphanumerische Verknüpfung über Katasteradressen

Die alphanumerische Verknüpfung bezeichnet die nahe liegende Vorgehensweise, bei der die Katasterdaten der Stadt Stuttgart zunächst auf die Ebene der standardisierten Adressen aggregiert werden (s.o.). Die Nutzerdaten werden standardisiert, in dem Nummernzusätze (*Goethestraße 17c*) wegfallen. Im Falle von Mehrfachhausnummern (*Goethestraße 17-19)* werden alle Fälle ausprobiert. Im Regelfall ist nur eine Nummer im Kataster zu finden. Sind es doch mehrere, so wird die niedrigere genommen.

Einerseits besteht das im Zusammenhang mit den Umzugsdaten bereits genannte Problem nicht bekannter Straßennamen. Bei den Bestandsdaten der IHK betraf dies von 13.097 Betrieben 302, die unter keiner ihrer Adressen automatisiert im Kataster lokalisiert werden konnten (v.a. Einträge wie „Flughafengebäude“, „Bahnhofsgebäude Zuffenhausen“). Auf eine manuelle Aufbesserung wurde wegen des Aufwandes verzichtet.

Andererseits verbleiben als Problem noch diejenigen Fälle, in denen eine Adresse aus Objekt- oder Nutzerdaten nicht den aggregierten Gebäudefach- und Katasterdaten zugeordnet werden kann (weil es sie bspw. im Kataster nicht gibt; hinzu kommen unterschiedliche Benennungen der gleichen Gebäude im Kataster und Begehung / Firmendatenbank v.a. bei Eckgrundstücken sowie leichte zeitliche Divergenzen zwischen den beteiligten Datenbanken). Bei den Bestandsdaten der IHK können deshalb weitere 1.091 nicht zugeordnet werden.

Die einfache alphanumerische Verknüpfung ordnet im Fall des IHK-Bestandsdatensamples 11.704 von 13.097 zu (= 89,4 %). Vergleichbare Prozentsätze ergeben sich bei den Bürobestandsdaten der Begehung (92,7 %) sowie den Preisdaten der IHK (121 von 137 = 88,3 %). Diese Quote wird für viele Anwendungen mit dem Anspruch einer möglichst vollständigen Datenbasis (auch unter Inkaufnahme von Schätzfehlern) als nicht ausreichend angesehen.

Falls Datensamples für statistische Auswertungen verwendet werden sollen, reicht jedoch grundsätzlich eine Stichprobe der Daten unter der Voraussetzung, dass sie die gleichen Eigenschaften aufweist wie das ursprüngliche (Komplett-) Datensample. Aus diesem Grund wird für die Generierung von Basisdaten für statistische Auswertungen die dargestellte eindeutige, nicht geschätzte alphanumerische Zuordnung verwendet. Die nicht eindeutig verknüpfbaren Daten fallen einfach heraus. Dies ist eine sinnvolle Lösung bspw. für die zu erklärenden Variablen der hedonischen Preisfunktion oder die Umzugsfunktionen der Mikrosimulation.

Eine noch extremere Form der Stichprobenziehung erfolgt bei denjenigen Nutzerdaten, welche auf die Lage in Bürogebäuden beschränkt werden sollen:

- Bei den Umzugsdaten können im Sample, welches zur Analyse von Umzug, Fortzug oder Verbleib dient, von 15.299 Datensätzen 14.832 im Kataster lokalisiert und 11.891 durch die alphanumerische Verknüpfung mit Gebäudefachdaten versehen werden (diese liegen nur bei Gebäuden über 200 m² vor). 7.464 davon befinden sich in Bürogebäuden. Sie bilden das Sample „UFP“ für die weitere Auswertung.

- In dem Sample, welches zur Analyse von Zuzugsorten und Zielorten des Umzugs dient, konnten von 3.507 Datensätzen 3.401 im Kataster lokalisiert werden und 2.688 mit Gebäudefachdaten versehen werden. 1.850 davon befinden sich in Bürogebäuden. Sie bilden das Sample „ZU“ für die weitere Auswertung.

14.1.3 Die Geokodierung von Adressdaten als Punkte

In einigen Fällen ist die gerade erzielte Zuordnungsrate zwar als zu niedrig zu beurteilen, dafür ist nicht die konkrete Zuordnung von Nutzern, Preisen oder Leerständen in ein Objekt oder Gebäude wichtig, sondern nur deren punktuelle geographische Verortung. Dies gilt u.a. für die Messung von erklärenden Lage- und Umfeldvariablen in Schätzgleichungen. Bspw. kann die Messung von Clustereffekten in Form der Zahl von Betrieben der gleichen Branche im Umfeld auch über georeferenzierte Punkte ohne die fehleranfällige Zuordnung zu Gebäuden gemessen werden. In diesen Fällen wird – als einfacher Schritt der Zuordnung – lediglich mit Geokoordinaten gearbeitet. Nutzer, Preise, Leerstände und Objekte werden deshalb zunächst in georeferenzierte Punkte umgewandelt.

Die Objektdaten der Begehung sowie die Nutzerdaten liegen als Excel-Tabelle mit Angabe von teilweise unstandardisierten Adressen vor. Aus Kostengründen wird nicht auf die Möglichkeit der Georeferenzierung durch kommerzielle Anbieter zurückgegriffen – zumal deren Qualität unklar ist. Auch die Georeferenzierungswerkzeuge der GIS-Software-Pakete (im vorliegenden Fall ArcView) helfen im konkreten Fall nicht weiter, da sie voll auf die Georeferenzierung bei bekannten Koordinaten von Straßenkreuzungen ausgelegt sind (siehe z.B. http://webhelp.esri.com). Diese Daten liegen jedoch nicht vor und sind zudem ungenauer als die gewählte Lösung.

Hier wird auf die Katasterdaten der Stadt Stuttgart als umfangreiche Quelle für Geocodes zurückgegriffen. Zunächst wird deshalb für alle 77.035 standardisierten Adressen der Schwerpunkt der Polylinie bzw. Multipolylinie gesucht. Dieser wird dann geokodiert. Danach werden aus dem Kataster zusätzlich so genannte „potenzielle Adressen“ generiert. Hierzu wird ein selbst geschriebenes *Visual-Basic*-Programm angewendet, welches alle 77.035 standardisierten Adressen nach Lücken durchsucht (sind Hausnummer 3 und 7 gegeben, so fehlt Hausnummer 5). Für diese Lücken wurden die Geokoordinaten interpoliert (Hausnummer 5 befindet sich auf halbem Weg zwischen 3 und 7, bei mehreren Lücken wird gleich geteilt). Die Koordinaten für die Nummer 3 und die Nummer 7 werden im Original übernommen. Unsinnige Ergebnisse ergeben sich lediglich für lange, mehrheitlich anbaufreie und geschwungene Straßen, vornehmlich die Verbindungsstraßen zwischen zentraler Tallage und den auf den Höhen gelegenen Vierteln (bspw. die Neue Weinsteige). Es resultieren knapp 210.000 „potenzielle Adressen“ (die es in der Realität zu einem guten Teil nicht gibt).

Alle Datensätze sind so allerdings nicht automatisiert lokalisierbar. Zum einen bleibt das Problem der nicht bekannten Straßennamen bestehen. Zum anderen entste-

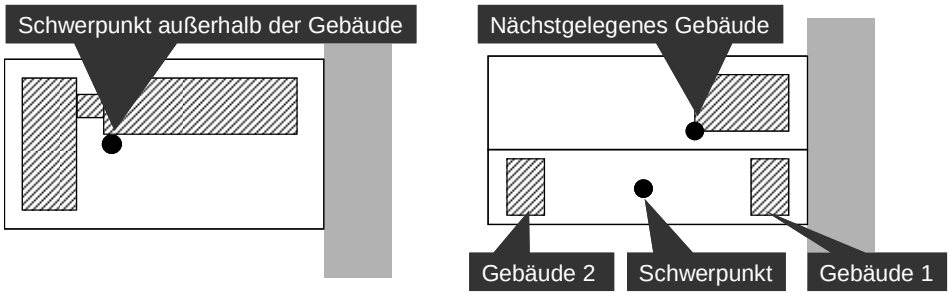
hen Probleme an den Rändern (bspw. wenn eine Straße jahrelang mit Nr. 3 begann und nun Nr. 1 gebaut wurde – und diese dann (noch) nicht im Kataster enthalten ist). Im Fall der IHK-Firmendaten können 12.467 (95,2 %) von 13.097 Adressen lokalisiert werden. Bei den Begehungsdaten werden zusätzlich die flächenintensiven Fälle manuell eingearbeitet. Am Schluss können 98,8 % der Objekte mit vertretbarem Aufwand lokalisiert werden (für ein Abbildungsbeispiel siehe Abb. 12-8).

14.1.4 Räumliche Verknüpfung der Geocodes potenzieller Adressen an das nächstgelegene Gebäude

In einigen Modellen – bspw. bei der Startpopulation der Mikrosimulation, aber auch bei der Visualisierung oder Aggregation von Bestandsdaten – ist jedoch die punktuelle Lokalisierung von Nutzerdaten nicht ausreichend. Hier ist zudem das Ziel der annähernd vollständigen Zuordnung zu Gebäuden wichtiger als das Ziel der absoluten Fehlerfreiheit. Für die nicht eindeutig zugeordneten Datensätze wird ein plausibler Zuordnungsalgorithmus angenommen, der alle Datensätze in Gebäuden oder Objekten lokalisiert, dabei aber Fehler in Kauf nimmt.

Hierzu wird eine räumliche Verknüpfung verwendet, welche in denjenigen Fällen, in denen die alphanumerische Verknüpfung nicht funktioniert, den Geocode der potenziellen Adressen dem nächstgelegenen Gebäude zuordnet (in den Fällen, in denen der Punkt nicht sowieso in einem Gebäude liegt). Abb. 14-2 (a) zeigt diesen Fall. Das Verfahren produziert aber Fehler (siehe Beispiel in Abb. 14-2 (b)).

Abb. 14-2 (a) und (b): Korrekte und nicht korrekte Zuordnung Geocodes zu den nächstgelegenen Gebäuden



Der Anteil von richtigen und falschen Zuordnungen wurde evaluiert, indem in den Katastergebäuden bei jedem zweiten der Geocode gelöscht wurde, das Verfahren der potenziellen Adressen für die nun größer gewordenen Lücken erneut durchgeführt wurde und schließlich 31.163 Punkte dem nächstgelegenen Gebäude zugeordnet wurden. Das Ergebnis brachte 77,0 % korrekte Zuordnungen, davon 54,5 % mit Punkt innerhalb des Gebäudes und 22,5 % mit Punkt außerhalb des Gebäudes (der Fall von Abb. 14-2 (a)). 12,8 % wurden dem Nachbargebäude zugeordnet, 10,2 % entweder über Eck in eine andere Straße oder weiter entfernt. Die Erfolgsquote zeigt, dass das Verfahren nur dann angewandt werden sollte, wenn die alphanumerische Verknüpfung nicht funktioniert. In diesen Fällen bietet die räumliche Verknüpfung an das nächstgelegene Gebäude aber einen plausiblen Zuordnungsalgorithmus. Nimmt man die völlige Repräsentativität des Testsamples an, so steigt der korrekte Zuordnungsgrad bei den IHK-Firmendaten der kombinierten alphanumerisch-räumlichen Verknüpfung mit Gebäudeangabe auf:

(Gl. 14-1) $89{,}4\ \% + [(95{,}2\ \% - 89{,}4\ \%) * 77{,}0\ \%] = 93{,}9\ \%$

Hinzu kommen geschätzt 1,3 % falsche Zuordnungen. Für die verbleibenden 4,8 % ist gar keine Zuordnung möglich, weil der Straßenname unbekannt ist oder keine potenzielle Adresse geschätzt werden kann.

14.1.5 Exkurs: Weitere Zuordnungsmöglichkeiten

Angesichts der immer noch nicht vollständig korrekten Zuordnung wurde als Alternative ein statistisches Verfahren ausprobiert, welches dem Standortwahlmodell in Kapitel 0 ähnelt. Dabei werden die Eignung von Gebäude und Standort für den Nutzer und zusätzlich die Distanz zwischen Punkt und einer Auswahl von nahe gelegenen Gebäuden als erklärende Variable in eine binär-logistische Regressionsgleichung eingefügt. Das Verfahren liefert theoretisch Wahrscheinlichkeiten für die Korrektheit der Zuordnung eines jeden zur Auswahl stehenden Gebäudes. In der Praxis ist der Erklärungsgehalt der geschätzten Modelle jedoch so niedrig, dass von einer Anwendung – auch vor dem Hintergrund des Rechenaufwandes – abgesehen wurde. Für eine detailliertere Beschreibung des Vorgehens siehe v. MALOTTKI / STEINEBACH / HAGEN 2008.

14.1.6 Überblick über die verschiedenen Mikrodatensamples

Je nach Ziel der Verwendung der einzelnen Datensamples werden die verschiedenen Zuordnungsmöglichkeiten angewandt. Die folgende Tab. 14-1 gibt einen Überblick über die Mikrodaten, die im weiteren Verlauf der Arbeit verwendet werden.

Tab. 14-1: Zu Modellierung verwendete Mikrodatensamples

Sample	Quelle	Umfang	Vollständigkeit / Korrektheit des Raumbezugs	Raumbezug
Nachfrage				
IHK-Bestandsfirmendaten	IHK	12.467	Nahezu vollständig / geschätzt	Stand. Adresse (alle Gebäudetypen)
Bestand Freiberufler, Behörden, Verbände	Gelbe Seiten	6.010	Nahezu vollständig / geschätzt	
Umzüge, Fortzüge, Persistenzen (Startort)	IHK	7.464	Stichprobe / eindeutig	Stand. Adresse (nur Bürogebäude)
Umzüge, Zuzüge (Zielort)	IHK	1.850	Stichprobe / eindeutig	
Angebot				
Bürogebäude	Gebäudefachdaten	4.324	Nahezu vollständig / eindeutig	Stand. Adresse (nur Bürogebäude)
Büroobjekte	Begehung BML	2.158	Nahezu vollständig / geschätzt	Geocode
Kombinationsstichprobe	Gebäudefachdaten und Begehung BML	824	Stichprobe / eindeutig	Stand. Adresse (nur Bürogebäude)
Marktausgleichsparameter				
Kaufpreise	Gutachterausschuss	77	Stichprobe / eindeutig	Baublock
Mieten	Gutachterausschuss	38	Stichprobe / eindeutig	Baublock
Mieten	IHK	121	Stichprobe / eindeutig	Stand. Adresse
Mieten	IPD	71	Stichprobe / eindeutig	Baublock
Leerstände	Begehung BML	313	Stichprobe / eindeutig	Geocode

14.2 Quantifizierung von Geovariablen

Der Standort von Büroimmobilien spielt in Kapitel 15 in allen Modellen auf Mikroebene eine Rolle als Einflussfaktor auf die erklärten Variablen Preis, Leerstandswahrscheinlichkeit, Umzugswahrscheinlichkeit und Standortwahl. Hierfür muss der Standort quantitativ beschrieben werden. Im Folgenden werden die Variablen ausgewählt. Sie sind von spezifischen Anpassungen abgesehen für alle Modelle identisch. Die Berechnung der Variablen für die relevanten Mikrodatensamples erfolgt in ArcView.

14.2.1 Gebäudevariable

Gebäudevariable beschreiben die baulichen Eigenschaften von Gebäuden. Von Bedeutung für den Büroimmobilienmarkt sind hierbei auch gebäudebezogene Standortfaktoren wie die technische Ausstattung (Aufzug, Kühldecke, Klimaanlage etc.) oder die Repräsentativität. Hierzu liegen jedoch weder in den gesamtstädtischen Gebäudefachdaten der Stadt Stuttgart noch bei den adressbezogenen Attributdatenquellen Informationen vor. In diesem Bereich beschränkt sich die vorliegende Arbeit deshalb auf einige wenige Variable. Sie stehen teilweise nur für Bürogebäude (und andere gewerbliche Gebäude sowie Wohngebäude über 200 m²) zur Verfügung.

Da auf der Ebene der standardisierten Adressen gearbeitet wird, müssen im Regelfall die Informationen mehrerer (Teil-)Gebäude aggregiert werden. Dies ist bei Summen unproblematisch. Schwieriger ist es bei Baujahr und Zahl der Obergeschosse. Ersteres beschreibt als Proxy auch den technischen und ästhetischen Standard eines Gebäudes. Da verschiedene Architekturepochen jedoch aus heutiger Sicht mit unterschiedlicher Qualität assoziiert werden, hilft eine Durchschnittsbildung nicht weiter (ein attraktives Gründerzeitgebäude von 1900 mit hochmodernem Anbau von 2000 ergäbe das als unattraktiv geltende Baujahr 1950). Die Zahl der Obergeschosse beschreibt auch die Repräsentativität des Gebäudes. Um diese Informationen weitestgehend zu transportieren werden bei der Aggregation jeweils die Maximalwerte ausgewählt.

In einigen der im vorherigen Kapitel beschriebenen Datensamples sind Informationen über das jeweilige Gebäude bereits in den Attributdaten enthalten. Insofern können die Gebäudevariablen der Gebäudefachdaten bzw. des Katasters kombiniert werden mit zusätzlichen Variablen (bspw. in der Kombinationsstichprobe des Bestandes). Dies funktioniert jedoch nicht, wenn der Raumbezug der Attributdatentabellen nicht adress- bzw. gebäudescharf ist (bspw. bei den Miet- und Kaufpreisen von IPD und Gutachterausschuss). Hier können die genannten Gebäudevariablen dann nicht verwendet werden.

Tab. 14-2: Gebäudevariable (ermittelt mit Hilfe von Kataster und Gebäudefachdaten)

Kürzel	Beschreibung	Aggregatregel	Verfügbarkeit
SUMGR	Grundfläche des Gebäudes	Summe	Für alle Gebäude Stuttgarts
GRZ	Grundflächenzahl	Summe GR durch Summe der Fläche der Flurstücke	Besondere Anforderungen[41]
SUMGF	Geschossfläche	Summe	Gewerbliche Gebäude und Wohngebäude über 200 m²
SUMM3	Umbauter Raum	Summe	
SUMBYRO	Bürofläche im Gebäude	Summe	
MAXOG	Zahl der Obergeschosse des höchsten Gebäudeteils	Maximum	
BAUJ	Baujahr des neuesten Gebäudeteils (metrisch skaliert)	Maximum	
BAUJxxxx	Dummy für bestimmte Bauepochen[42]		
MAXJ	Letzter Um- oder Neubau eines Gebäudeteils (metrisch skaliert)		
MAXJxxxx	Dummy für bestimmte Bauepochen[43]		
REFURBI	Dummy für MAXJ > 1990 bei Gebäuden mit BAUJ < 1990		
MISCHGEB	Mischnutzung im Gebäude (Dummy)	Summe	
WOGEB_JN	Wohnnutzung im Gebäude (Dummy)		
HDGEB_JN	Handelsnutzung im Gebäude (Dummy)		
PRGEB_JN	Produktionsnutzung im Gebäude (Dummy)		

14.2.2 Lagevariable

Die Lage beschreibt den Ort des Gebäudes oder einer Geokoordinate im Verhältnis zu wichtigen Brennpunkten oder Bereichen innerhalb der Stadt. Idealerweise würde die Ermittlung in Fahrzeiten im Individualverkehr bzw. im ÖPNV erfolgen. Dies ist jedoch mangels städtischer Daten über das Straßennetz unrealistisch. Daten über das Straßennetz sind kostenpflichtig bei Anbietern von Routenplanungssoftware verfügbar. Hier wird jedoch die Fahrzeitermittlung im Straßennetz mit Standardgeschwindigkeiten nach Straßentyp gespeist. Dies ist im innerstädtischen Bereich wegen der vielen Ampeln unrealistisch. Aufgrund der schlechten Verfügbarkeit der Straßennetzdaten und der geringen Verbesserung der Analyse durch die Arbeit mit Fahrentfernungen, wird hier nur mit Luftlinienentfernungen gearbeitet.

Noch schwieriger ist die Situation im ÖPNV. Hier spielt die Qualität einer Haltestelle (Art des Verkehrsmittels), der Takt und die Entfernung zur Haltestelle eine Rolle.

[41] Die Ermittlung erfolgt über die Flurstücke. Dies funktioniert jedoch nur bei Flurstücken, deren Grundstücksgrenzen von keinem Gebäude geschnitten werden.

[42] Unterschieden werden die Zeiträume bis 1914, 1915 – 1944, 1944 – 1959, 1960 – 1969, 1970 – 1979, 1980 -1989, 1990 – 1999, 2000 – 2006. Die Variablenbenennung erfolgt durch das erste Jahr des Zeitraums.

[43] Das zur vorherigen Fußnote Gesagte gilt analog.

Die Frage, ob nun 1.000 m Entfernung zu einer Haltestelle mit einer S-Bahn und 2 U-Bahnen besser ist als 500 m zu einer U-Bahn und zehn Buslinien, ist kaum zu beantworten. Leider lagen keine Isochronenlinien für die Fahrzeit zum Hauptbahnhof vor. Insofern wird auch hier eine sehr einfache Lösung angewandt. Sie berücksichtigt nur die S-Bahn – an sie sind die wesentlichen Stuttgarter Bürocluster angebunden. Es wird davon ausgegangen, dass ab einer Entfernung von 1.000 m kein Nutzen mehr besteht. Darunter errechnet sich der Nutzwert durch die Formel 1.000 – x, mit x als Luftlinienentfernung in Metern. Nähe zum S-Bahnhof, d.h. geringe Entfernung, generiert also einen hohen Nutzwert.

Tab. 14-3 zeigt die Übersicht über die Lagevariablen, die in ArcView gemessen wurden.

Tab. 14-3: Lagevariable

Kürzel	**Beschreibung**	**Typ der räumlichen Referenz**
DISTZENT	Luftliniendistanz zum Zentrum (Schlossplatz) in km	Punkt
DISTBAB	Luftliniendistanz zum nächstgelegenen Autobahnanschluss in km	6 Punkte (Autobahnanschlüsse)
DISTFLUG	Luftliniendistanz zum Flughafen in km	Punkt
OPNVUTIL	Nutzwert des S-Bahnanschlusses (1000 minus Distanz in Metern)	20 Punkte (S-Bahnhöfe)
VTL1	Lage im Stadtbezirk Mitte (Dummy)	Bereich
VTL2	…Nord (Dummy)	Bereich
VTL3	…Sillenbuch, Hedelfingen, Wangen, Unter-/ Obertürkheim, Bad Cannstatt, Münster (Dummy)	Bereich
VTL4	…Plieningen, Vaihingen, Möhringen, Birkach (Dummy)	Bereich
VTL5	…Weilimdorf (Dummy)	Bereich
VTL6	…Feuerbach, Zuffenhausen, Mühlhausen, Stammheim (Dummy)	Bereich
VTL7	…Süd, Degerloch, West, Ost, Botnang (Dummy)	Bereich

Die Variablen DISTZENT und DISTBAB korrelieren miteinander – im Falle der Kombinationsstichprobe, die aber als repräsentative für die Problematik in anderen Datensamples gelten kann – mit dem Koeffizienten -0,82. Eine gemeinsame Verwendung in den Modellen wurde jedoch toleriert, da die beiden Variablen gemeinsam in der Lage sind, Eigenschaften des Stuttgarter Ostens (also des Bereiches, der weit von Autobahn und Zentrum entfernt ist) zu beschreiben. Im Einzelfall muss dann getestet werden, ob die Variable VTL3 nicht auch diesen Effekt beschreiben kann.

14.2.3 Umfeldvariable

Umfeldvariable beschreiben die unmittelbare Umgebung der in den Modellen betrachteten Bürogebäude. Hierzu zählen einerseits die bauliche Struktur, aber auch komplementäre Gebäudetypen und Clustereffekte gleicher Gebäudetypen. Die schwierigste Frage ist, wie Umfeld definiert wird. Eine entfernungsabhängige Gewichtung aller anderen Immobilien wird hier ausgeschlossen, da vermutet wird, dass der Einfluss auf die Eigenschaften von Büroimmobilien tatsächlich nur einen relativ geringen Umkreis betrifft und darüber hinaus nicht mehr vorhanden ist. Die entfernungsabhängige Gewichtung innerhalb dieses Bereichs müsste sich an der Luftlinienentfernung orientieren, was gerade im Bereich eines Baublocks nicht der realen (Geh-)Distanz entspricht. Deshalb fällt die Entscheidung, eine binäre und kreisförmige Definition von Nachbarschaft zu wählen. Die Frage besteht also darin, wie groß der Kreis des Einflussbereichs sein soll.

Grundsätzlich können je nach erklärter Variable die Signifikanzen der gleichen erklärenden Variablen mit den Kreisradien stark schwanken. Eine Maximierung der Signifikanz der Einzugsbereiche durch die Wahl unterschiedlicher Radien für jede Variable durch ein iteratives Verfahren von Versuch und Irrtum ist jedoch extrem aufwändig. Das Verfahren der K-Statistik liefert zwar einen Anhaltspunkt dafür, in welchem Radius die Clusterung besonders hoch ist, nicht jedoch, wann bestimmte Variablen am höchsten korrelieren. Aus diesem Grund wurden im hedonischen Preismodell sowie in der Schätzung der Leerstandswahrscheinlichkeiten zunächst mit drei Entfernungen von 200 m, 500 m und 1.000 m gearbeitet. Dabei musste aufgepasst werden, wenn Variable verschiedener Entfernungen in ein Modell aufgenommen werden, da dies potenziell Multikollinearität hervorruft (naturgegebenermaßen korrelieren bspw. die Dichte in 200 m Umkreis und in 500 m Umkreis stark). Die Modelle zeigten jedoch, dass der 200-m-Umkreis über alle Variablen hinweg betrachtet im Regelfall den höchsten Einfluss hat. Aus diesem Grund wurde in den späteren Modellen dann nur noch dieser Umkreis ermittelt, da durch die große Fallzahl in den Schätzgleichungen der Mikrosimulation die von ArcView benötigte Rechenzeit bei größeren Radien sprunghaft ansteigt.

Zusätzliche Arbeitsschritte erforderte die Variable „Einzelhandelsflächen im Umfeld“. Hierzu wurde analog zu Kapitel 13.1.2. in den Gebäudefachdaten eine Bestandserhebung der genehmigten Einzelhandelsflächen (4,24 Mio. m² GF in 8.085 Gebäuden) und deren Lokalisierung im Kataster durchgeführt.

Wichtig ist auch die Unterscheidung, ob das eigene Gebäude zum Umkreis zählt oder nicht. Dies ist abhängig von den *erklärten* Variablen der Modelle. Da das Auftreten von Leerstand im Modell in Kapitel 15.3 erklärt werden soll, kann es nicht als *erklärende* Variable fungieren – bzw. auch nicht als Teil dieser. Andernfalls ergäbe sich ein unnatürlich hoher Erklärungsgehalt mit einer Aussage in Form eines Zirkelbezuges: „Steht mein Gebäude leer, dann geht dies in die Summe der Umfeldgebäude ein. Ist die Summe der Leerstände im Umfeld groß, so steigt die Wahrscheinlichkeit, dass mein Gebäude leer steht.“ Dieses Problem taucht aber nur beim Leerstand auf, so dass bei der Summe der Einzelhandels- und Büroflächen ebenso wie bei der Altersstruktur des Umfelds das gerade betrachtete Gebäude berücksichtigt ist.

Wichtig ist auch, dass alle Umfeldvariablen nur funktionieren, wenn die Kreise um Punkte gezogen werden (im konkreten Fall die Schwerpunkte der Gebäude). Missachtet man dies, so wird die Umkreisfläche größer als 125.664 m² und die Wahrscheinlichkeit für eine höhere Zahl an Unternehmen, Einzelhandelsflächen oder andere Summenparameter steigt.

Die Entscheidung, ob eine Einzelhandelsfläche oder ein Unternehmen in einem den Umkreis schneidenden Gebäude mit erfasst wird oder nicht, wird anhand des Schwerpunktes entschieden. Anteilige Verfahren scheiden aufgrund des Rechenaufwandes aus.

Tab. 14-4 zeigt die gewählten Variablen für den 200-m-Fall (hier SPSS-konform mit Buchstaben beginnend und maximal acht Zeichen als hm2 – zwei Hektometer – bezeichnet).

Tab. 14-4: Umfeldvariablen im 200m-Umkreis

Kürzel	**Beschreibung**
hm2_byfl	Büroflächen in 200 m Umkreis
hm2_hand	Einzelhandelsflächen in 200 m Umkreis
hm2_GRZ	GR aller Gebäude in 200 m Umkreis geteilt durch Fläche des Umkreises
hm2_bygf	Durchschnittliche GF der Bürogebäude in 200 m Umkreis
hm2_xxxx[44]	Anteil der Büroflächen einer bestimmten Bauepoche an allen Büroflächen im Umkreis von 200 m
Verknüpfung mit den georeferenzierten Begehungsdaten	
hm2_vac	Absoluter Leerstand der anderen (!!) Bürogebäude im Umkreis von 200 m
hm2_vacr	Leerstandsrate der anderen (!!!) Bürogebäude im Umkreis von 200 m
Verknüpfung mit den georeferenzierten IHK-Daten	
hm2_bgkl	Durchschnittliche Betriebsgrößenklasse der Betriebe im Umkreis von 200 m
UFP_ZAHL	Zahl der 2000 ansässigen Unternehmen in 200 m Umkreis
UF_ ZAHL	Zahl der Umzüge und Fortzüge in 200 m Umkreis im Zeitraum 2000-2004
ZU_ ZAHL	Absolute Zahl der Zuzüge in 200 m Umkreis im Zeitraum 2000-2004
ZUUF_SAL	ZU_ZAHL minus UF_ZAHL
ZUUF_PZT	ZU_SALDO geteilt durch UFP_ZAHL
UFP_IDWZ	Zahl der zu Beginn des Umzugszeitraums (2000) ansässigen Unternehmen im identischen Wirtschaftszweig in 200 m Umkreis
UF_IDWZ	Zahl der Umzüge und Fortzüge im identischen Wirtschaftszweig in 200 m Umkreis im Zeitraum 2000-2004
ZU_IDWZ	Absolute Zahl der Zuzüge im identischen Wirtschaftszweig in 200 m Umkreis im Zeitraum 2000-2004
BE_IDWZ	Zahl der Bestandsnutzer (heute) im identischen Wirtschaftszweig in 200 m Umkreis
ZU_BE_Q	Zahl der Zuzüge geteilt durch Zahl der Bestandsnutzer im identischen Wirtschaftszweig in 200 m Umkreis

[44] Unterschieden werden die Zeiträume bis 1914, 1915 – 1944, 1944 – 1959, 1960 – 1969, 1970 – 1979, 1980 -1989, 1990 – 1999, 2000 – 2006. Die Variablenbenennung erfolgt durch das erste Jahr des Zeitraums.

15 Ökonometrische Schätzung der Modelle

Im folgenden Kapitel werden die in Teil C beschriebenen Modelle mit Hilfe der Eingangsdaten des Stuttgarter Büroflächenmarktes und der in Kapitel 14 gemessenen Geovariablen geschätzt. Dazu wird das Softwarepaket SPSS verwendet. Im Zuge des Exports der Daten in SPSS wird eine paarweise Korrelationsanalyse zwischen allen Variablen durchgeführt. Treten Fälle von Multikollinearität auf, so wird dies bei der Schätzung der Modelle durch Aussonderung einer der Variablen berücksichtigt, ohne dass nochmals gesondert darauf hingewiesen wird. Gleiches gilt für die Überprüfung von Normalverteilung und Heteroskedastie der Residuen. Lediglich auf die bei den Längsschnittmodellen problematische Autokorrelation der Residuen wird durch Angabe der Durbin-Watson-Statistik gesondert eingegangen.

15.1 Längsschnitt-Makromodell: Schätzung des modifizierten ROSEN-Modells

Das folgende Mehrgleichungsmodell arbeitet auf der Makroebene und modelliert das Verhalten des Stuttgarter Büroflächenmarktes im Zeitablauf anhand des Kreislaufzusammenhangs aus Miete -> Inanspruchnahme -> Leerstand -> Miete und Miete -> Neubau -> Angebot -> Miete. Die Grundlagen hierzu befinden sich in Kapitel 10.1, die Beschreibung von Referenzmodellen in Kapitel 8.3.

Wie im Theorieteil bereits erläutert wurde, schätzen die Referenzmodelle teilweise Bestandsgrößen (Inanspruchnahme, Büroflächenbestand) und teilweise Stromgrößen (Nettoabsorption, Neubau). Im vorliegenden Fall fällt die Entscheidung darauf, ausschließlich Stromgrößen zu modellieren. Zum einen ist eine Einheitlichkeit stringenter. Zum anderen taucht bei der Modellierung von Bestandsgrößen häufig das Problem der Autokorrelation der Residuen auf, welches die Koeffizienten und die Teststatistiken verfälscht und über die Durbin-Watson-Statistik gemessen werden kann (vgl. BACKHAUS / ERICHSON / PLINKE / WEIBER 2000).[45] Konsequenz der Stromgrößenmodellierung ist jedoch ein deutlicher Abfall der Bestimmtheitsmaße der Modelle gegenüber der Bestandsgrößenmodellierung.[46]

15.1.1 Auswahl der Datenquellen

Leider reichen die für Stuttgart vorliegenden Zeitreihen nicht besonders weit zurück, je nach erklärter und zu erklärender Variable umfasst das zur Verfügung stehende Sample 12 bis 17 Datensätze. Immerhin sind damit zwei Zyklen am Büroflächenmarkt abgedeckt. Die Ergebnisse sind dennoch mit Vorsicht zu genießen. Aufgrund dieser geringen Zahl an Eingangswerten wurden die Schätzungen der Modelle parallel auch für ein dem Autor vorliegendes Datensample für die Stadt Frankfurt durchgeführt. Diese Vergleichsrechnung dient dazu, eine Plausibilitätsprüfung für die Stuttgarter Daten durchzuführen und gleichzeitig anhand von Differenzen in den Einflussfaktoren Rückschlüsse auf die Unterschiede der beiden Büroflächenmärkte zu ziehen.

[45] Im vorliegenden Fall wurde der Bereich zwischen dem Wert 1 und dem Wert 3 der Durbin-Watson-Statistik toleriert.

[46] Das Bestimmtheitsmaß Korr. R^2 einer linearen Regression bezeichnet den Quotient aus erklärter Varianz im Zähler und gesamter Varianz im Nenner. Letztere ist bei Bestandsgrößen gegenüber Stromgrößen höher, wenn die erklärte Variable über einen ansteigenden oder fallenden Basistrend verfügt. Ein höherer Wert im Nenner reduziert den Wert des Korr. R^2.

Quelle der Daten sind die Marktberichte von *Atisreal*, die dem Autor freundlicherweise auch für zurückliegende Jahre zur Verfügung gestellt wurden. Ergänzt wurden Daten des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg zur Beschäftigung in den Dienstleistungssektoren, die zur regressionsanalytischen Ergänzung der zu kurzen Zeitreihe der Bürobeschäftigung nach der Methode von DOBBERSTEIN (1997) genutzt wurden (vgl. Kapitel 13.2.3). Daten zum Neubau in Stuttgart wurden aus den Gebäudefachdaten errechnet. Daten über den Abriss liegen in Stuttgart leider nicht vor. In Frankfurt werden alle Flächendaten (Inanspruchnahme, Nettoabsorption, Bestand, Neubau, Abriss) durch das Stadtplanungsamt gesammelt, die Mieten wurden durch *Atisreal* ergänzt.

15.1.2 Schätzgleichungen anhand der vergangenen Jahre

Nachfrage

Die Gleichungen in Tab. 15-1 schätzen die Nettoabsorption, welche gemäß der Theorie durch die Bürobeschäftigung positiv und das Mietpreisniveau negativ beeinflusst wird.

Tab. 15-1: Nachfragemodell: Nettoabsorption erklärt durch Bürobeschäftigung und Mietpreisniveau

Abhängige Variable: Nettoabsorption	**Stuttgart, Modell 1**		**Stuttgart, Modell 2**		**Frankfurt**	
Lineare Regression, OLS-Schätzung	**Koeff.**	**Sign.**	**Koeff.**	**Sign.**	**Koeff.**	**Sign.**
Konstante	3.766.877		107.273	***	38.222	*
Veränderung Bürobeschäftigten gegenüber Vorjahr	9,135	*	11,870	**	18,305	***
Miete in Preisen von 2000	-436.382	*				
Miete in Preisen von 2000 zum Quadrat	12.896	*				
n	**16**		**16**		**23**	
Korr. R²	**30,7%**		**25,9%**		**75,0%**	
Durbin-Watson-Statistik	**1,032**		**1,24**		**1,493**	
Vorzeichen signifikant auf dem *** 99%-, ** 95%- oder *90%-Niveau.						

Dabei zeigt sich, dass der Erklärungsgehalt des Modells in Frankfurt deutlich höher ist als in Stuttgart. Dies ist einleuchtend, wenn man bedenkt, dass der Frankfurter Büromarkt deutlich zyklischer verläuft als der Stuttgarter und die Nettoabsorption an sich deutlich volatiler ist – somit kann sie zu einem hohen Anteil durch zyklische Größen erklärt werden. Die Miete als zusätzlicher Einflussfaktor ist in Frankfurt nicht signifikant – wohl auch weil durch die Bürobeschäftigung schon so viel erklärt wird. In Stuttgart lässt sich dagegen bei einem insgesamt niedrigen Bestimmtheitsmaß des Modells ein Einfluss nachweisen, wenn man die quadrierte Miete zusätzlich aufnimmt. Die Kombination aus quadriertem und nicht quadriertem Einflussfaktor hat den Effekt, dass mittlere Mieten (Minimum bei 16,90 €) für geringe Nettoabsorption sorgen und bei höheren und niedrigeren Mieten der positive Einfluss jeweils steigt. Offensichtlich gibt es hier bei hohen Mieten Einflüsse durch die Zyklen, die durch die Bürobeschäftigtenzunahme nicht vollständig abgedeckt werden. Zur Prognose wird trotz dieses auf den ersten Blick verblüffenden Zusammenhangs Modell 1 verwendet, da der Einschluss des Faktors Miete bei der Anwendung des Modells sinnvollere Werte ergibt.

Die Koeffizienten der Veränderung der Bürobeschäftigung könnten theoretisch als Flächenkennziffern interpretiert werden. In Frankfurt ergibt dies auch einen Sinn. Die Aussage des Modells lautet: Auch ohne einen Zuwachs an Bürobeschäftigung gibt es 38.000 m² Nettoabsorption – bedingt z.B. durch den Anstieg der Flächenkennziffer. Erst bei einem Bürobeschäftigtenrückgang von gut 2.000 Personen er-

gibt sich ein ausgeglichener Saldo zwischen Flächenaufnahme und Flächenfreisetzung. Jeder zusätzliche Bürobeschäftigte benötigt – nur – 18 m². Der niedrige Wert kann durch das Fehlen eines zweiten Einflussfaktors interpretiert werden: Steigt die Bürobeschäftigung stark, so befindet sich der Zyklus an einem Hochpunkt und die durchschnittliche Flächenkennziffer wird reduziert. Die marginale Zunahme pro zusätzlichem Beschäftigten beträgt somit nur noch die genannten 18 m². In Stuttgart ist der Einfluss der Konstante noch höher als in Frankfurt. Somit ist der Koeffizient vor der Bürobeschäftigung für sich genommen kaum mehr sinnvoll interpretierbar. Das Ergebnis kommt deshalb zustande, da laut den Stuttgarter Eingangsdaten sich die Bürobeschäftigung in den vergangenen Jahren nur so wenig verändert hat.

Angebot

Deutlich problematischer ist die Schätzung einer sinnvollen Gleichung für die Angebotseite des Marktes (vgl. Tab. 15-2). Hier wird auch im Originalmodell von ROSEN (1984) mit dem Neubauvolumen die Stromgröße modelliert und nicht die Bestandsgröße aller vorhandenen Büroflächen. Gemäß der Theorie reagiert die Fertigstellung von Büroflächen mit einer Zeitverzögerung von zwei bis drei Jahren auf die damalige Marktsituation gemessen durch Miete oder Leerstandsrate. Der Zeitraum ergibt sich aus der üblichen Planungs- und Bauphase für ein Bürogebäude.

Tab. 15-2: Angebotsmodell: Neubau erklärt durch zurückliegende Nettoabsorption

Abhängige Variable: Neubau	**Stuttgart**		**Frankfurt**	
Lineare Regression, OLS-Schätzung	**Koeff.**	**Sign.**	**Koeff.**	**Sign.**
Konstante	57.847	**	150.123	***
Nettoabsorption zwei Jahre vorher	0,490	***		
Nettoabsorption drei Jahre vorher			0,370	**
n	**13**		**21**	
Korr. R²	**46,3%**		**21,9%**	
Durbin-Watson-Statistik	**1,075**		**1,769**	
Vorzeichen signifikant auf dem *** 99%-, ** 95%- oder *90%-Niveau.				

In beiden Städten ist es schwierig, signifikante Einflussparameter zu finden. Miete und Leerstand allein führen in den wenigsten Fällen zum Erfolg. Kombinationen mehrerer Parameter ergeben zwar signifikante Faktoren und Modelle mit einem höheren Bestimmtheitsmaß, aber die falschen Vorzeichen einzelner Parameter deuten darauf hin, dass hier angesichts der geringen Zahl an Datensätzen zufällige Kombinationen entstehen. In Stuttgart zeigt sich die Leerstandsrate von drei Jahren vorher als beste Größe. Da das Modell aber über eine relativ niedrige Konstante von 188.000 m² Neubau abzüglich Koeffizient mal Leerstandsrate verfügt, führt dies beim Einsatz zu Prognosezwecken dazu, dass bei nachfragestarken Szenarien regelmäßig das Angebot die Nachfrage nicht decken kann. Auch die Miete war signifikant, führte aber zu autokorrelierten Residuen. Aus diesem Grund wurde die in beiden Städten signifikante Nettoabsorption als erklärende Variable ausgewählt. Die Aussage des Modells ist einleuchtend: Bauträger orientieren sich bei der Entscheidung über die Verwirklichung neuer Projekte an der Menge an Flächen, die der Markt aktuell gerade aufnimmt. Gerade in Städten wie Stuttgart mit relativ stabilem Preisniveau ist diese Entscheidungsgrundlage nachvollziehbar – führt aber auch hier in der Konsequenz zu Schweinezyklen.

Insgesamt liegen die Einflussfaktoren des Neubaus aber zu einem großen Teil im Dunkeln – die Zufallskomponente für das einzelne Jahr ist hoch. Dazu ist auch anzumerken, dass die Zuteilung der Baufertigstellungen zu den jeweiligen Jahren relativ willkürlich zu sein scheint. Denn die Werte der Gebäudefachdaten stimmen zwar im mehrjährigen Mittel mit den Daten des Statistischen Landesamtes und der Makler überein, nicht jedoch in einzelnen Jahren. Die Definition, wann ein Gebäude

fertig ist, scheint stark zu differieren bzw. auch innerhalb der einzelnen Datenquellen nicht konsequent gehandhabt zu werden (vgl. Kapitel 13.1.3).

Der Anwendung der Gleichung zu Prognosezwecken muss dies aber nicht im Wege stehen, sobald gewährleistet ist, dass das Modell nicht Extremwerte vorhersagt. Dies ist bei den vorgestellten Gleichungen nicht der Fall – sie orientieren sich stark am langjährigen Durchschnitt an Neubauflächen und modifizieren diesen angesichts der aktuellen Marktbedingungen. In beiden Städten wird mit der Konstante eine Art Basisneubau beschrieben, der immer stattfindet. Diese Werte sind plausibel, da die Eingangsdaten den tatsächlichen Neubau und nicht den Bestandszugang (Neubau minus Abriss) beschreiben. Bei 8.000.000 m² Bestand in Stuttgart werden demnach ca. 58.000 m² jährlich auch ohne Nachfragezuwachs gebaut – der Wert kann als Kompensation für den Abriss von Flächen in durchschnittlich vermutlich ähnlicher Größenordnung interpretiert werden.

Miete

Die Preisgleichung, welche die Spitzenmieten (mittelfristiger Marktausgleichsmechanismus) aus den Leerstandsquoten (kurzfristiger Marktausgleichsmechanismus) modelliert, liegt ebenfalls der Theorie zugrunde und dient als Basis für die Schätzung des Neubaus (langfristiger Marktausgleichsmechanismus). Im vorliegenden Beispiel wird sie eigentlich nicht mehr unbedingt benötigt – denn die Angebotsgleichung basiert auf der vergangenen Nettoabsorption und nicht auf der vergangenen Miete oder der vergangenen Leerstandsrate. In der Nachfragegleichung ist die Miete nur in Modell 1 in Tab. 15-1 signifikant. Es ist interessant, dass hier ein originär ökonomisches Modell zur Flächenprognose genutzt werden könnte, ohne auch nur einmal Preise zu schätzen. Angesichts des hohen Interesses der Praxis am Thema Mietpreisprognose soll hier jedoch nicht auf diese letzte Gleichung verzichtet werden.

Tab. 15-3: Preismodell: Miete erklärt durch die Leerstandsquote

	Stuttgart		**Frankfurt**	
Abhängige Variable:	**Miete in Preisen von 2000**		**Veränderung der Miete gegenüber dem Vorjahr**	
Lineare Regression, OLS-Schätzung	**Koeff.**	**Sign.**	**Koeff.**	**Sign.**
Konstante	20,219	***	1,507	*
Leerstandsrate des Vorjahres	-0,787	***		
Veränderung der Leerstandsrate des Vorjahres in Prozentpunkten			-1,971	***
n	**14**		**22**	
Korr. R²	**42,0%**		**40,5%**	
Durbin-Watson-Statistik	**1,966**		**1,342**	
Vorzeichen signifikant auf dem *** 99%-, ** 95%- oder *90%-Niveau.				

Bei der Mietpreisgleichung ergibt sich in Frankfurt das Problem, dass die Residuen einer Gleichung „Miete erklärt durch Leerstandsrate“ autokorreliert sind. Deshalb wird hier auf die Veränderung der Miete und die Veränderung der Leerstandsrate gegenüber dem Vorjahr abgestellt. Dieser Vorgang beseitigt zwar die Autokorrelation, senkt aber auch das Bestimmtheitsmaß von 75 % auf 40,5 %. Ähnlich niedrig ist das Bestimmtheitsmaß auch ohne Wechsel zur Veränderung der Miete bereits in Stuttgart. Grund dürfte auch hier wiederum die weniger starke zyklische Ausprägung des Stuttgarter Marktes sein – zufällige kleinere Abweichungen gewinnen somit ein höheres prozentuales Gewicht an der Varianz.

Die Stuttgarter Zahlen können so interpretiert werden, dass bei 20,22 € ein Mietmaximum liegt, welches auch an den Hochpunkten des Zyklus nicht überschritten wird. Damit wird die Tendenz des Modells deutlich, die Mietpreise im Vergleich zur Vergangenheit zu nivellieren (im Jahr 1991 gab es Spitzenmieten von knapp 24 € –

alle Preisangaben bereinigt auf das Jahr 2000). Für jeden zusätzlichen Prozentpunkt Leerstandsquote ergeben sich 79 Cent Preisabschlag.

In Frankfurt steigt die preisbereinigte Miete bei gleich bleibender Leerstandsquote um 1,50 € jährlich. Dies erscheint sehr hoch. Dazu muss man sich aber vergegenwärtigen, dass in den vergangenen Jahren das Frankfurter Preisniveau konstant blieb, obwohl die Leerstandsquote zyklenübergreifend immer höher stieg. Der Markt „akzeptiert" somit immer mehr Leerstand. Ein ausgeglichenes Preisniveau ergibt sich nach diesem Modell bei einer Zunahme der Leerstandsquote um 0,76 Prozentpunkte. Ob dieser Trend so fortgeschrieben werden kann, scheint fraglich. Möglich ist aber hingegen, dass sich die Akzeptanz höherer Leerstandsquoten (bedingt auch durch eine Zunahme spekulativer Bauten gegenüber selbst genutztem Büroeigentum) auf bislang weniger volatilere Städte wie Stuttgart überträgt. In diesem Fall muss in Stuttgart mit höherem Neubauvolumen trotz stagnierender Nettoabsorption gerechnet werden.

15.1.3 Methodisches Fazit

Die inhaltlichen Aspekte der Anwendung des Modells zu Prognosezwecken werden in Kapitel 16 diskutiert. Hier steht eine Bewertung der Methodik im Vordergrund.

Alle Gleichungen fallen zunächst durch relativ niedrige Bestimmtheitsmaße auf. Dies ist aber nicht weiter verwunderlich, da konsequent Stromgrößen (Veränderung) modelliert wurden und nicht die gesamte Bestandsgröße. Eine einheitliche Variablenwahl erscheint dem Autor inhaltlich deutlich stringenter zu sein, zudem sind Stromgrößen die eigentlich interessierende Größen (wie viele Flächen werden neu benötigt?). Dabei muss eben in Kauf genommen werden, dass die Einflussfaktoren nur zu einem gewissen Teil bekannt sind. Zudem sinkt durch den Wechsel von Bestands- auf Stromgrößen die Autokorrelation der Residuen auf ein teilweise erträgliches, teilweise gutes) Niveau. In einigen Quellen wird dieses Problem gar nicht angesprochen (vgl. DI PASQUALE / WHEATON 1996, 298), so dass nicht nachvollziehbar ist, ob es nicht auftaucht oder nicht berücksichtigt wurde.

Insgesamt ist der Erklärungsgehalt der Gleichungen, aber auch die Anfälligkeit für Autokorrelation der Residuen, in Frankfurt höher als in Stuttgart. Dies war zu erwarten. Denn Frankfurt ist der deutlich volatilere Markt mit ausgeprägteren Zyklen. Dem entsprechend ist die Methode der Mehrgleichungs-Marktmodelle auch auf Städte mit ausgeprägten Büromietmärkten und den daraus entstehenden Zyklen beschränkt.

Trotz seines vergleichsweise niedrigen Erklärungsgehalts ist gerade die Neubaugleichung als Bereicherung stadtplanerischen Prognoseinstrumentariums zu sehen. Das wesentliche Verdienst liegt darin, nicht die Inanspruchnahme (bzw. den noch abstrakteren Bedarf) zu prognostizieren, sondern den tatsächlich durch Marktmechanismen verursachten Neubau. Diesen Zusammenhang kann nur ein Modell mit Leerstand und marktabhängiger Neubaugleichung beschreiben, die Standardmethodik deutscher Flächennutzungspläne nimmt dies nicht zur Kenntnis. Hinzu kommt die Tatsache, dass die Zyklen des Marktes einen großen und hier auch nachgewiesenen Einfluss auf die Nettoabsorption an Flächen haben: In Frankfurt wird dies an der hohen Konstante der Nettoabsorption und dem niedrigen Koeffizienten vor der Bürobeschäftigung deutlich. In Stuttgart ist die Miete selbst signifikant. In der Konsequenz führen diese Werte zu einer hohen Flächenkennziffer in schwachen Marktphasen und einer niedrigen in guten Marktphasen – vor einem Umzug wird bei Neueinstellungen erst einmal „zusammengerückt".

Bei der Anwendung des Modells für Prognosen tauchen einige methodische Probleme auf: Sie lassen sich unter Aussage zusammenfassen, dass statistisch signifikante Zusammenhänge oder Modelle mit einem hohen Bestimmtheitsmaß noch lange keine plausiblen Prognosemodelle abgeben. Hauptproblem ist dabei die Tatsache, dass das lineare Regressionsmodell bekannten Einschränkungen der Eingangsdaten nur schwer gerecht wird. So kann eine Leerstandsquote nicht unter Null sinken, auch eine Miete ist nach unten hin durch die Kosten des Vermieters beschränkt. Wird, wie in einer Neubaugleichung geschehen, mit erklärenden Variablen mit negativem Koeffizienten gearbeitet und kann die erklärende Variable nicht negativ werden, so ergibt sich im Modell eine obere Schranke für die erklärte Variable, die in der Realität so nicht existieren dürfte. Verschiedene Transformationen wie die Logarithmierung von Eingangsdaten verbieten sich wiederum wegen des eingeschränkten Definitionsbereiches. In diesem Zusammenhang ist der Forschungsbedarf, auch von mathematischer Seite sicher noch hoch. Wenn in Zukunft die Zeitreihen länger und besser werden und die Büromärkte reifer, dann ergibt sich hier ein interessantes Forschungsfeld.

Für die Anwendung in der Praxis lautet das Fazit des Autors, dass sich die ökonometrische Methode trotz des Aufwandes der Suche nach guten Gleichungen bestehend aus signifikanten Variablen mit sinnhaften Vorzeichen der Koeffizienten und ohne Autokorrelation der Residuen gelohnt hat. Die Methode trägt allein durch ihre Durchführung viel zum Verständnis der Zusammenhänge zwischen den Größen bei. Das Ergebnis ist aus der Sicht der langfristig denkenden Stadtplanung deutlich besser, als es eine Schätzung anhand durchschnittlicher Vergangenheitswerte ist. Für eher mittelfristig denkende Projektentwickler sowie die gesamte Vermittler- und Beraterbranche ergibt sich hier eine Möglichkeit zum empirisch gestützten Durchspielen verschiedener Szenarien.

Unabhängig davon, ob das Gesamtmarktmodell signifikante Ergebnisse bringt oder nicht, stellt sich die Frage, wie sich Verschiebungen von Angebot und Nachfrage auf die einzelnen Teilmarktsegmente in räumlicher und qualitativer Hinsicht bis hinunter zu einzelnen Immobilien auswirken. Dies kann ein Gesamtmarktmodell nicht leisten.

Im Folgenden werden deshalb zwei Querschnittmodelle angewandt, welche anhand aktueller Daten Preise und Leerstandswahrscheinlichkeiten für individuelle Immobilien schätzen. Sie mögen gerade bei stabilen Märkten einen gewissen Anhaltspunkt auch über die räumliche Aufteilung des Marktes in den nächsten Jahren geben. Durch die ökonometrische Bestimmung von Einflussfaktoren auf Preise und Leerstandswahrscheinlichkeiten können zudem „Fortschreibungen“ oder Szenarien für die Entwicklung der einzelnen Einflussfaktoren vorgenommen werden und so Rückschlüsse über die Entwicklung der Bestimmungsgrößen in Zukunft gezogen werden.

15.2 Querschnitts-Mikromodelle: Hedonische Preisanalyse

Die folgende Schätzung von Büromietpreisen für den gesamten Stuttgarter Markt basiert auf der hedonischen Preisanalyse, welche in Kapitel 9.1 mit Referenzen beschrieben wurde. Dabei wird der Preis des heterogenen Gutes Büroimmobilie gedanklich zerlegt in einzelne Teile (Gebäudefaktoren, Lage- und Umfeldfaktoren), deren Ausprägungen mit denjenigen Wertzu- und -abschlägen berücksichtigt werden, die sich in der geostatistischen Analyse als signifikant erweisen.

15.2.1 Auswahl der Datenquellen

Die hedonische Preisanalyse wird parallel für die drei in Kapitel 13.3.1 beschriebenen Datensamples durchgeführt. Von einer Vereinigung der Samples wurde abgesehen, vielmehr stellt sich die Frage nach der Brauchbarkeit der einzelnen Quellen und nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen den Ergebnissen aus den drei Datenquellen.

Sample des Gutachterausschusses der Stadt Stuttgart

Das Sample des Gutachterausschusses umfasst eigentlich zwei Datensamples:

- 77 Gebäude, die 2000 -2006 verkauft wurden, mit ihren tatsächlich realisierten Kaufpreisen.
- 37 Gebäude – eine Teilmenge aus vorgenanntem Sample – für die zusätzlich auch Mietpreise und weitere erklärende Faktoren vorliegen.

Auf eine Schätzung der Kaufpreise mit dem 37er-Sample wurde verzichtet, da der Zuwachs an Variablen (die sich bei der Mietgleichung dann alle als nicht signifikant entpuppen) nicht den Nachteil der geringen Fallzahl aufwiegen kann.

In beiden Samples liegen Gebäudevariable der Quelle selbst sowie durch den Autor erhobene Lage- und Umfeldvariable vor.

Sample der Investment Property Databank (IPD)

Durch die Aggregation von Mietvertragsdaten konnten, wie in Kapitel 13.3.1 beschrieben, Mietpreise von 362 Verträgen in 73 Gebäuden ermittelt werden. Es handelt sich um Bestands- und Neuverträge zum Stichpunkt Sommer 2006. Die Daten der IPD erfassen nur (Vertrags-)Mieten.

Auch hier liegen Gebäudevariable der Quelle selbst sowie durch den Autor erhobene Lage- und Umfeldvariable vor.

Das Füllen von Lücken in den Datensätzen gelang in den Feldern *Nutzfläche* und *ökonomisches Baujahr* durch weitere lineare Regressionen (siehe Kapitel 13.3.1).

Sample der Büromietenumfrage der IHK Region Stuttgart

Das Sample der Büromietenumfrage der IHK Region Stuttgart verfügt als einziges über eine dem Autor mitgelieferte Adresse. Dadurch können Gebäudevariable der Gebäudefachdaten verknüpft werden. Dieser Vorgang erhöht die Zahl der Variablen, allerdings reduziert sich dabei das Sample von 137 Fällen um eine nicht bekannte Straße, 15 nicht alphanumerisch verknüpfbare Gebäude und 13 Mietflächen in Wohngebäuden ohne ausführliche Gebäudefachdaten auf 108 Datensätze. Bei weiteren sieben fehlt das Baujahr. Das Problem wurde hier jedoch nicht über eine zweite Regression (vgl. Kapitel 13.3.1) gelöst, sondern – angesichts der besseren Beschreibung des Baujahrs über Dummyvariable für verschiedene Zeiträume (Epochen) – durch einen Nulleintrag bei allen Dummies.

15.2.2 Schätzergebnisse

Ergebnis für die Daten des Gutachterausschusses

Tab. 15-4: Einflussfaktoren auf Kaufpreise und Mieten (Kaufpreissammlung)

Abhängige Variable		**Kaufpreis pro m² NF auf Gebäude-ebene**		**Vertragsmiete pro m² NF auf Gebäudeebene**	
Konstante		3.166	***	11,548	***
Gebäudevariable (Quelle: Kaufpreissammlung)					
GRUNDST	Grundstücksgröße	0,035	*		
Lage- und Umfeldvariable (Quelle: Gebäudefachdaten)					
OPNVUTIL	Nutzwert des ÖPNV	1,341	***	0,003187	***
DISTZENT	Entfernung zum Stadt-zentrum	-188	***	-0,660	***
ZUUF_PZT	Prozentuale Veränderung der IHK-Firmenzahl in 200 m Umkreis 2000-2004			4,666	***
UFP_ZAHL	Zahl der IHK-Firmen in 200 m Umkreis	4,234	***		
HM2_GRZ	GRZ im Umkreis	-3.180	***		
HM2_AVGF	Durchschnittliche GF eines Bürogebäudes im Umkreis	-0,023	*		
VTL1	Stadtbezirk Mitte (Dummy)	-1.363	***		
VTL3	Östliche Stadtbezirke (Dummy)	-588	**		
VTL6	Nördliche Stadtbezirke (Dummy)	-595	**	-1,861	**
HM2_1970	Anteil Büroflächen der Baujahre 1970-1979 im Umkreis			2,592	*
Lineare Regression, OLS-Schätzung		**n = 76**	**R^2 = 45,5 %**	**n = 38**	**R^2 = 65,6 %**
Vorzeichen signifikant auf dem *** 99%-, ** 95%- oder *90%-Niveau. Detaillierte Erklärung der Gebäude-, Lage- und Umfeldvariablen in Kapitel 14.					

Auch hier wieder ein Lesebeispiel: Als Vertragsmiete für ein Gebäude ohne S-Bahnanschluss, in zwei Kilometer Entfernung zum Zentrum, mit ausgeglichenem Umzugssaldo im Umfeld, außerhalb der Stadtviertelzone sechs und mit 20 % Baustruktur der 70er Jahre im Umfeld ergibt sich folgender Schätzwert für die Miete in €:

(Gl. 15-1) $$\hat{y} = 11{,}548 - (2 * 0{,}66) + (0{,}2 * 2{,}592) = 10{,}75$$

Mehrheitlich ergeben sich plausible Vorzeichen für die signifikanten Einflussfaktoren: Mieten und Kaufpreise steigen in der Nähe von S-Bahnhaltestellen und dem Zentrum, höhere Zuzugssalden erhöhen das Mietpreisniveau, Unternehmenscluster das Kaufpreisniveau. Der Süden und Westen ist bei gleicher Entfernung zum Zentrum teurer als der Norden und Osten. Höhere Dichte bei gleicher Zentralität senkt das Kaufpreisniveau. Große Grundstücke steigern es.

Interessant ist eine Betrachtung des Themas Zentralität in der Mietpreiskurve: Im Zentrum ergeben sich (im Falle aller anderer Einflussfaktoren bei Null) 11,55 €, die mit jedem Kilometer Richtung Peripherie um 0,66 € sinken. Am Stadtrand (ca. 8 km) ergeben sich dann 6,27 €. Innerhalb des fußläufigen Bereichs zur S-Bahn sind je nach Entfernung bis zu 3,19 € hinzuzuzählen.

Erstaunlich sind der positive Effekt der Baustruktur der 70er Jahre auf die Mieten und die positive Wirkung kleinteiliger Büroflächen im Umfeld. Angesichts der geringen Zahl an beobachteten Fällen waren derartige Probleme aber zu erwarten.

Der Erklärungsgehalt der Modelle gemessen durch das Korr. R^2 ist als befriedigend zu beurteilen. Bei den Mieten dürfte der hohe Wert bei nur wenigen Variablen dadurch zu begründen sein, dass die Varianz des gesamten Samples im Vergleich zu den Kaufpreisen und auch zu den Mieten der IPD gering ist. Bei den Kaufpreisen ist es nicht möglich, nur aus Gebäude-, Lage- und Umfeldvariablen auf Sondersituationen des Verkaufs zu schließen. Dies erhöht den unbekannten Teil der Varianz.

Ergebnis für die Mieten der Investment Property Databank (IPD)

Bei der Schätzung der Regressionsgleichung mit den Eingangsdaten der IPD sieht man in Modell 1 der Tab. 15-5 zunächst ein typisches Problem, welches bei Stichproben mit relativ kleinen Fallzahlen auftritt: Die Zahl der signifikanten Einflussvariablen ist sehr hoch, der Erklärungsgehalt gut, aber der Sinn der Koeffizienten und besonders ihrer Vorzeichen ist eher eingeschränkt. Folgende Probleme sind zu nennen:

Erstens wurde zwar bei allen Schätzungen in dieser Arbeit durch eine vorgelagerte Korrelationsmatrix berücksichtigt, dass bei zwei hochgradig korrelierenden Variablen nur eine als erklärende Variable eingesetzt wird, allerdings kann bei einer so großen Vielzahl von Variablen Multikollinearität höheren Grades auftreten (eine Variable lässt sich zu ihrem weitaus größten Teil durch eine Kombination anderer erklären). Dies ist bspw. bei den Firmenvariablen ZU_ZAHL, UFP_ZAHL und ZUUF_PZT einleuchtend. Um ZUUF_PZT zu errechnen, benötigt man neben den beiden anderen Variablen nur noch die Zahl der Fortzüge UF_ZAHL, die aber vergleichsweise wenig Varianz verursacht und diese zum Teil noch durch Lagevariable erklärt werden kann.

Zweitens kommt die Tatsache hinzu, dass bei nur 70 Fällen einzelne Dummyvariable nur wenige Fälle beschreiben und es hierdurch zu groben Ausreißern kommt (bspw. der Mietzuschlag von 12 € für den Süden (Vaihingen, Möhringen, Plieningen) und für Weilimdorf in Modell 1.

Drittens sollen die Gleichungen neben der Diskussion von Einflussfaktoren auf Preise auch zur Hochrechnung für alle Stuttgarter Bürogebäude verwendet werden. Hierbei können Gebäude- und Mietvertragsvariable der Datenquellen, welche durch die vorhandenen Gebäudefachdaten der Stadt Stuttgart nicht stadtweit rekonstruiert werden können, nicht gebraucht werden. Im vorliegenden Fall von Modell 1 betrifft dies die durchschnittliche Fläche pro Vertrag. Ökonomisches Baujahr und in eingeschränktem Maße die Nutzfläche können bei der stadtweiten Hochrechnung durch die Gebäudevariablen MAXJAHR (letztes Umbaujahr, wenn keines vorhanden, dann Baujahr) und 0,82 * SUMBYRO[47] errechnet werden.

[47] Der Faktor 82 % wird bei der GIF üblicherweise zur Umrechung von Geschossflächen in Nutzflächen verwendet.

Tab. 15-5: Einflussfaktoren auf die Mieten (IPD)

Abhängige Variable		**Vertragsmiete auf Gebäudeebene**				**… auf Mietvertragsebene**	
		Modell 1 (Koeff./Sign.)		Modell 2 (Koeff./Sign.)		Modell 3 (Koeff./Sign.)	
Konstante		-7,323		-230,916	***	-511	***
Gebäudevariable (Quelle: IPD)							
MAXJAHR	Ökonomisches Baujahr als Jahreszahl			0,122	***	0,069	***
MAXJ1970	Ökonomisches Baujahr entsprechender Bauepochen (Dummies)	8,409	***				
MAXJ1990		2,764	***				
MAXJ2000		6,701	***	2,407	*		
NF_GEB	Nutzfläche Gesamtgebäude	0,000147	**			-0,000077	*
AV_CAREA	Durchschnittliche Fläche pro Vertrag	-0,000326	***				
Lage- und Umfeldvariable (Quelle: Gebäudefachdaten)							
DISTBAB	Entfernung zur Autobahn	1,681	***				
OPNVUTIL	Nutzwert ÖPNV					0,003440	***
VTL2	Stadtbezirk Nord (Dummy)	-4,399	***			4,711	***
VTL4	Stadtbezirke im Süden (Dummy)	12,110	***				
VTL5	Stadtbezirk Weilimdorf (Dummy)	11,993	***			3,531	***
HM2_VAC	Leerstand in m² in 200 m Umkreis	0,000287	***				
HM2_HAND	Handelsflächen im Umkreis			0,000021	***	0,000067	***
HM2_GRZ	GRZ im Umkreis					-8,028	**
HM2_1914	Anteil Büroflächen der entsprechenden Bauepochen im Umkreis					3,612	***
HM2_1945						3,975	**
HM2_1960		14,303	***			15,056	***
HM2_1970						-15,579	***
HM2_1980		10,892	***				
HM2_2000		11,132	**			12,614	***
ZU_ZAHL	Zahl der Zuzüge 2000-2004	-0,313	***				
UFP_ZAHL	Zahl der IHK-Firmen im Umkreis	0,032	***			-0,018	***
ZUUF_PZT	Prozentuale Veränderung der Firmenzahl im Umkreis 2000-2004	10,442	**	11,545	***		
Mietvertragsvariablen (Quelle: IPD)							
MIETFL	Vertragsmietfläche					0,000194	**
STARTJR1	Startjahr des Mietvertrags					0,191	***
LAUFZEIT	Laufzeit des Vertrags in Jahren					0,169	***
Lineare Regression, OLS-Schätzung		**n = 70**		**n = 70**		**n = 362**	
		R^2 = 67,0 %		**R^2= 48,0 %**		**R^2 = 51,3 %**	
Vorzeichen signifikant auf dem *** 99%-, ** 95%- oder *90%-Niveau. Detaillierte Erklärung der Gebäude-, Lage- und Umfeldvariablen in Kapitel 14.							

Alle diese Probleme werden in unterschiedlichem Maße mit Gleichungen gelöst, die hier aus Platzgründen nicht alle näher beschrieben werden. Modell 2 bietet diejenige Gleichung, die allen drei Aspekten gerecht wird, dafür aber über deutlich weniger signifikante Variable verfügt und Einbußen beim Bestimmtheitsmaß (Korr. R^2 = 48,0%) hinnehmen muss. Die Höhe der Miete wird hier nur noch durch das ökonomische Baujahr (neuer heißt linear teurer, mit einem Sonderbonus für die Jahre ab 2000), die Handelsflächen im Umfeld (als Maß für die Zentralität) und das prozentuale Zuzugssaldo (mehr Zuzug, teurere Preise) erklärt. Die Gleichung hat den Vorteil, dass sie in ihrer vergleichsweise geringen Komplexität auch gut zu Demonstrationszecken der Methode eingesetzt werden kann.

Abschließend eine Beispielsrechnung: Ein im Jahr 2000 erbautes Gebäude mit 10.000 m² Handelsflächen im 200-m-Umkreis und ausgeglichenem Umzugssaldo im Umkreis kommt auf folgenden Schätzwert der Miete in €:

(Gl. 15-2) $$\hat{y} = -230{,}916 + (2000 * 0{,}122) + (1 * 2{,}407) = 15{,}49$$

Modell 3 dient der Untersuchung des Datensamples auf der Mietvertragsebene. Hierdurch wird die Fallzahl deutlich erhöht. Allerdings dominieren nach wie vor die Lage- und Umfeldvariablen die Auswahl an erklärenden Parametern. Sie sind jedoch nicht in der Lage, die zusätzlich hinzugekommene Varianz zwischen verschiedenen erfassten Mietpreisen innerhalb eines Gebäudes zu erklären. Dies kann nur über die in der IPD gespeicherten mietvertragsspezifischen Variablen der Vertragslaufzeit, des Zeitpunktes des Vertragsabschlusses und der Vertragsmietfläche geschehen. Tab. 15-5, Modell 3, zeigt die Ergebnisse. Man sieht, dass die zusätzliche Varianz durch verschiedene Werte für ein Gebäude und die Erklärung derselben durch neue Variable sich in etwa die Waage halten, so dass der Erklärungsgehalt des Modells mit einem korrigierten R^2 von 51,3 % in etwa auf dem Niveau der Gleichungen auf Gebäudeebene liegt.

Ergebnisse aus der Büromietenumfrage der IHK Region Stuttgart

Bei den Befragungsdaten der IHK Stuttgart waren die Erwartungen zunächst hoch, da es sich einerseits um das größte Sample, andererseits um das einzige mit über die Adresse anknüpfbaren Gebäudefachdaten handelt. Umso erstaunlicher ist das Ergebnis, dass kein größeres korrigiertes R^2 als 33,7 % zu erreichen ist. Die Erklärung findet sich in der Tatsache, dass im Befragungsrücklauf relativ viele extrem kleine Mietflächen vorhanden sind. Bei diesen steigt die Varianz der Mietpreise deutlich an, was in Teilen auch mit der Unwissenheit der Befragten zusammenhängen dürfte, wie korrekt die Mietfläche berechnet wird. Bei geringen Flächengrößen sind dann auch Fragestellungen wie gemeinsam genutzte Toiletten, Garderoben, Empfangs- oder Besprechungsräume ein Problem. Zudem ist zu vermuten, dass die befragten Büronutzer teilweise billige Wohnnebenräume, teilweise aber auch teure Einzelhandelsflächen belegen, was die Varianz zusätzlich erhöht und durch die gebäudebezogenen Mischnutzungsdummies anscheinend nicht in ausreichendem Maße eingefangen werden kann.

Ein deutlich besseres Ergebnis der Schätzung ergab sich bei der Beschränkung der hedonischen Preisanalyse auf diejenigen 84 Datensätze mit Mietflächen über der willkürlich gewählten Grenze von 100 m². Das korrigierte R^2 beträgt hier 56,0 %. Die Gleichung verfügt über eine Vielzahl signifikanter Variablen mit sinnvollen Vorzeichen. Positive Auswirkungen auf den Mietpreis haben demnach die Zentralität (gemessen durch den Nutzerwert der S-Bahn und die Entfernung zur Autobahn, die in Stuttgart annähernd entlang der Stadtgrenze verläuft), eine geringe Dichte im Umfeld, große Gebäudegrundflächen sowie die Clusterung anderer Firmen im Umfeld.

Negativen Einfluss haben Mischnutzung im Gebäude, die Baujahresepochen Gründerzeit und unmittelbare Nachkriegszeit sowie Leerstände im Umfeld. Die negativen Koeffizienten für den industriellen Norden und Osten der Stadt müssen zu einem gewissen Teil wohl auch die hohe Entfernung zur Autobahn abfangen, sind aber auch für sich genommen plausibel.

Tab. 15-6: Einflussfaktoren auf die Mieten (IHK)

Abhängige Variable: Vertragsmiete auf Mietvertragsebene		**Koeff.**	**Sign.**	**Koeff.**	**Sign.**
Konstante		10,097	***	12,119	***
Vertrags- und Gebäudevariable (Quelle: IHK-Fragebogen)					
MIETFL	Mietfläche in m²	0,000307	***	0,000240	**
UNBEFRIST	Unbefristeter Mietvertrag			-1,540	*
Gebäudevariable (Quelle: Gebäudefachdaten)					
HDGEB_JN	Handelsnutzung im Gebäude (Dummy)			-1,096	*
WOGEB_JN	Wohnnutzung im Gebäude (Dummy)			-1,215	**
GR	Gebäudegrundfläche	0,000286	***	0,000332	***
REFURBI	Umbau nach 1990 (Dummy)	1,097	**		
BAUJ1914	Baujahresepochen (Dummies)			-2,506	***
BAUJ1945				-2,133	***
BAUJ1960		-1,052	*	-3,097	***
BAUJ1990		1,000	*		
Lage- und Umfeldvariable (Quelle: Gebäudefachdaten)					
VTL_3	Östliche Stadtbezirke (Dummy)	-1,784	**	-4,334	***
VTL_6	Nördliche Stadtbezirke (Dummy)			-5,048	***
DISTBAB	Entfernung zu Autobahn			0,649	***
OPNVUTIL	ÖPNV-Nutzwert	0,002569	***	0,002509	***
HM2_HAND	Handelsfläche in 200 m Umkreis	0,000014	**		
HM2_GRZ	GRZ im Umkreis	-6,278	**	-13,478	***
HM2_VACR	Leerstandsquote im Umkreis			-5,108	*
HM2_1980	Anteil Büroflächen der Baujahre 1980-1989 im Umkreis			-3,482	***
UFP_ZAHL	Zahl der IHK-Firmen im Umkreis			0,008740	***
Lineare Regression OLS-Schätzung		**n = 107 (alle Datensätze)**		**n = 84 (Datensätze über 100 m² Mietfläche)**	
		R² = 33,7 %		**R² = 56,0 %**	
Vorzeichen signifikant auf dem *** 99%-, ** 95%- oder *90%-Niveau. Detaillierte Erklärung der Gebäude-, Lage- und Umfeldvariablen in Kapitel 14.					

15.2.3 Methodisches Fazit

Die inhaltlichen Aspekte der signifikanten Koeffizienten sowie die beispielhafte Anwendung eines Modells zur Generierung stadtweiter Schätzwerte für Mieten werden in Kapitel 16 diskutiert. Hier sollen abschließend methodische Aspekte aufgeführt und bewertet werden.

Methodische Hinweise

Der besseren Lesbarkeit halber wurden in den vorangegangenen Abschnitten nur Ergebnisse und relevante Arbeitsschritte beschrieben. Deshalb seien hier noch mal kurz auf einige Aspekte erwähnt, die für eine korrekte Durchführung der hedonischen Preisanalyse wichtig sind.

- Bei der Vielzahl an erfassten Variablen muss sichergestellt werden, dass nicht Multikollinearität die Koeffizienten verzerrt. Hierzu sollte zunächst eine Korrelationsmatrix zwischen den Variablen ausgegeben werden. Ab welchem Wert die beiden Variablen nicht gemeinsam verwendet werden sollten, kann nicht pauschal festgelegt werden. Im Fall der Variablen DISTZENT und DISTBAB (Entfernung zum Zentrum und zur Autobahn) wurden Werte je nach Sample von unter -0,8 deshalb toleriert, weil genau im industriellen Osten beide Werte hoch sind und damit Eigenschaften dieser Zone beschrieben werden können (die Autobahn führt von Südost über Südwest nach Nordwest um die Stadt herum). In anderen Fällen waren Werte über 0,8 und unter -0,8 ein Ausschlusskriterium. Dabei ist dann zu testen, welche der beiden Variablen letztendlich mehr zum Modell beitragen kann. Für die Aufdeckung von Multikollinearität höherer Ordnung hilft die Ausgabe der *variance inflation factors* durch das entsprechende Statistikprogramm.

- Da es sich um räumliche Variable handelt, muss jeweils überprüft werden, dass keine räumliche Autokorrelation vorliegt. Hierzu werden die Residuen ausgegeben, ins GIS importiert und eingefärbt. Ergibt sich ein unstrukturiertes Bild, so kann davon ausgegangen werden, dass keine räumliche Autokorrelation vorliegt. Statistisch kann dies noch über die Maßzahl des globalen *Moran's I* gemessen werden, die bei völliger positiver räumlicher Autokorrelation den Wert 1 annimmt und ohne räumliche Autokorrelation den Wert Null. Im vorliegenden Fall lagen die Werte bei allen Gleichungen bei sehr guten -5 % bis 5 %. Angesichts der hohen Zahl von Variablen zur Beschreibung des räumlichen Aspekts ist dies auch einleuchtend.

- Die anderen Beschränkungen des linearen Regressionsmodells (vgl. BACKHAUS / ERICHSON / PLINKE / WEIBER [9]2000) sind im Regelfall unproblematisch.

Bewertung der Methodik

Angesichts der relativ kleinen Zahl an Datensätzen, die für die Schätzung der hedonischen Preisfunktion vorlagen, kann die Methode inhaltlich nur zum Teil Auskunft geben über die Preisverteilung bei Büroimmobilien in Stuttgart.

Problematisch ist die Tatsache, dass jede der an sich schon sehr kleinen Datenbasen nicht repräsentativ für den gesamten Büroflächenbestand der Stadt Stuttgart ist. Dadurch kann der Fehler entstehen, dass die Regressionsschätzung tatsächlich wichtige Zusammenhänge dem statistischen Fehler zuordnet und geringer wichtige Zusammenhänge bei häufig vertretenen Gebäuden bevorzugt erklärt.

Insbesondere könnte das für die Größe der Mietflächen bzw. der ganzen Immobilien gelten. Diese untereinander teilweise korrelierte Variablengruppe fällt nur bei der IPD heraus, bei der IHK und bei der Kaufpreissammlung lässt sich ein positiver Zusammenhang zwischen Miete und individueller Mietfläche bzw. Gebäudegrundfläche (IHK) sowie zwischen Miete und Grundstücksgröße (Kaufpreissammlung) finden. Da der Zusammenhang Größe – Miete aber sowohl innerhalb des kleinteiligen IHK-Samples als auch innerhalb des große Immobilien überproportional abbil-

denden Samples der Kaufpreissammlung vorhanden ist, kann er mit diesen Daten schon als signifikant gelten (siehe im Gegensatz hierzu EISENMANN 2005, 15).

Grundsätzlich gilt für die gezeigte Methodik aber: Sie ist sinnvoll und erreicht auch bei einer geringen Zahl bekannter Variablen schon akzeptable Größenordnungen des Gütemaßes Korr. R^2. Insofern ist das Verfahren prädestiniert für die praktische Anwendung im Bereich der Immobilienbewertung sowie bei Maklern, Consultants und großen Bestandshaltern.

Der Aufwand ist (so man über ein GIS verfügt) relativ begrenzt. Katastergeometrien und Gebäudefachdaten sind nicht erforderlich, es kann im Falle vorliegender Gebäudeattribute komplett auf der Ebene geocodierter Adresspunkte gearbeitet werden.

Das hedonische Preismodell ist jedoch statischer Natur. Es modelliert verschiedene Einflüsse zu einem Zeitpunkt – oder zu mehreren, wenn diese als erklärende Variable hinzugezogen werden. Für Prognosen der Preisentwicklung in die Zukunft ist dies nur bedingt geeignet. Sicherlich ergänzt das hedonische Preismodell die Längsschnittbetrachtung des vorherigen Kapitels 15.1. Fallen die Preise auf dem gesamten Stuttgarter Markt um 10 %, so ist davon auszugehen, dass auch die Preise für das konkrete Gebäude in besonders guter / schlechter Lage fallen werden. Dennoch ist die Entwicklung nach räumlichen und qualitativen Marktsegmenten in verschiedenen Phasen von Immobilienzyklen unterschiedlich. (vgl. SLADE 2000) . Gleiches gilt für die Frage nach Auswirkungen von Nachfrageschocks (z.B. in Folge des demographischen Wandels). Bei letzterem spielt die Leerstandsproblematik eine größere Rolle als die Preisreaktion. Aus diesem Grund widmen sich die beiden folgenden Modelle dem Thema Leerstand sowie der kombinierten Längs- und Querschnittmodellierung in der Mikrosimulation.

15.3 Querschnitts-Mikromodelle: Schätzung von Leerstandswahrscheinlichkeiten

In das im Folgenden geschätzte Modell zur Bestimmung der Leerstandswahrscheinlichkeiten übernimmt das Konzept der hedonische Preisanalyse, tauscht die erklärte Variable „Preis“ jedoch gegen eine binäre Variable, welche in Gebäuden ohne Leerstand den Wert Null annimmt und in Gebäuden mit Leerstand (unabhängig von dessen prozentualem Anteil) den Wert Eins. Es wird sodann eine binärlogistische Regressionsgleichung nach dem Maximum-Likelihood-Verfahren geschätzt. Wendet man auf die Ergebnisse der Regressionsgleichung eine Logit-Transformation an, so können die resultierenden Werte als Wahrscheinlichkeiten (Wahrscheinlichkeit, dass sich in einem Gebäude Leerstand befindet) interpretiert werden. Hierzu folgt weiter unten noch ein Beispiel.

15.3.1 Auswahl der Datenquellen

Die Schätzgleichung für die Leerstandswahrscheinlichkeiten kann im Gegensatz zur hedonischen Preisanalyse auf umfangreichere Eingangsdaten zurückgreifen. Dank der Begehung des Planungsbüros Baasner, Möller & Langwald GmbH sind stuttgartweit alle Leerstände in Bürogebäuden über 500 m^2 kartiert. Allerdings besteht bei den Begehungsdaten das Problem, dass außer der Adresse (d.h. der Lage) keine Attributdaten vorhanden sind, welche als Faktoren für die Beeinflussung der Leerstandswahrscheinlichkeit analysiert werden könnten. Aus diesem Grund wird auf die in Kapitel 13.1.2 näher dargestellte Kombinationsstichprobe aus der Begehung und den Gebäudefachdaten der Stadt Stuttgart zurückgegriffen. Sie umfasst 824 Datensätze und bildet etwa ein Viertel des Stuttgarter Büroflächenbestandes repräsentativ ab.

Als erklärende Variable stehen die Gebäudeparameter der Gebäudefachdaten sowie die in ArcView abgefragten Umfeld- und Lagevariablen zur Verfügung.

Da eine gewisse Clusterung von Leerständen zu beobachten ist, wird die räumliche Autokorrelation von Leerständen berücksichtigt, indem Leerstandsraten des Umfeldes als zu testende Variablen hinzugezogen werden.

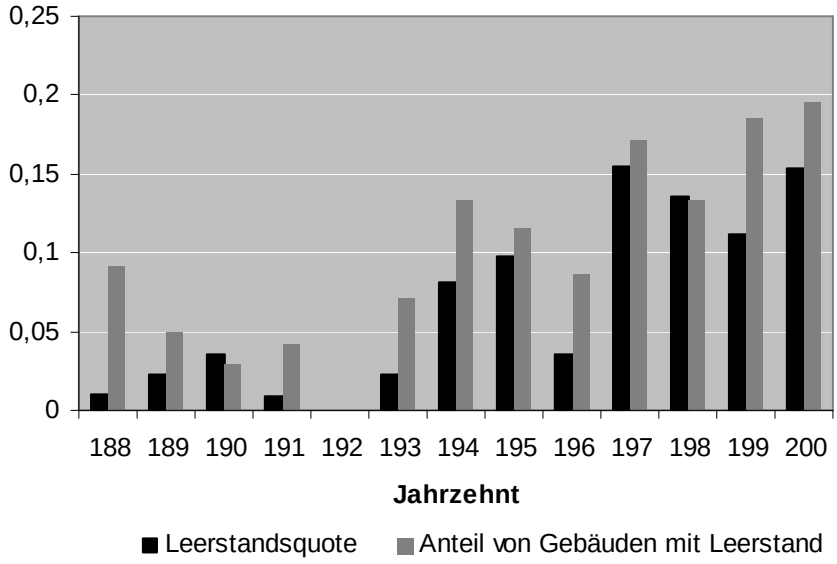
15.3.2 Schätzergebnisse

Tab. 15-7: Einflussfaktoren der Leerstandswahrscheinlichkeit

Zu erklärende Variable: Logit der Leerstandswahrscheinlichkeit	**Binär-Logistische Regressionen ML-Schätzung**					
	Modell 1		Modell 2		Modell 3	
Konstante	-25,939	***	-27,935	***	3,303	*
Gebäudevariable						
Maximale Zahl an Obergeschossen	0,237	***	0,260	***	0,287	***
Baujahr des neuesten Gebäudeteils	0,0129	***	0,013	***		
Umfeldvariable						
Durchschnittliche Dichte (GRZ) in 200 m Umkreis			2,124	**		
Anteil des Bürogebäudebestandes in 200 m Umkreis mit Baujahr < 1914	-2,078	**	-1,701	**	-3,037	***
…mit Baujahr 1960 - 69	-2,136	**			-1,973	*
…mit Baujahr 1980 - 89	-1,345	**	-1,260	*	-1,869	**
…in 500 m Umkreis mit Baujahr 1945 - 1959					-3,237	**
… in 1 km Umkreis mit Baujahr < 1914					-4,526	*
…mit Baujahr 1915 - 44			-5,227	**	-10,363	***
…mit Baujahr 1960 - 69			-6,472	***	-7,707	**
…mit Baujahr 1980 - 89					-4,065	**
…mit Baujahr 1990 - 99					-3,611	**
…mit Baujahr 2000 - 06					-7,585	**
Leerstandquote der anderen Bürogebäude in 500 m Umkreis					-4,286	**
… in 1 km Umkreis					6,368	**
Lagevariable						
Entfernung zum Stadtzentrum	-0,199	**			-0,210	**
Entfernung zur nächsten Autobahnausfahrt	-0,225	***			-0,188	**
Nutzwert des ÖPNV	0,00067	*			0,001	**
Nagelkerke-R^2	**15,6%**		**16,1%**		**18,3%**	
n=823. Vorzeichen signifikant auf dem *** 99%-, ** 95%- oder *90%-Niveau. Detaillierte Erklärung der Gebäude-, Lage- und Umfeldvariablen in Kapitel 14.						

Die Schätzung zeigt einige signifikante Variable, wobei der Schwerpunkt nach wie vor im Bereich der Umfeldvariablen liegt. Bei den baulichen Variablen hat sehr hohen Einfluss nur die Gebäudehöhe. Das Baujahr selbst ist schwierig in die Funktion zu integrieren, da der Zusammenhang nicht direkt linear ist (vgl. Abb. 15-1). Gebäude der siebziger Jahre und Neubauten sind besonders leerstandsanfällig, während in Gebäuden der Vorkriegszeit quasi Vollvermietung herrscht. Erstaunlich sind die niedrigen Werte in den sechziger Jahren. Die Gerade mit positiver Steigung bildet dies nur bedingt ab. Die Unterschiede der Leerstandsquoten zwischen den verschiedenen Jahrzehnten sind aber nicht groß genug, als dass Dummyvariablen signifikant wären.

Abb. 15-1: Zusammenhang zwischen Baujahr und Anteil von Gebäuden mit Leerstand bzw. der Leerstandsquote aller Gebäude



Für die Umfeldvariablen werden einmal nur die 200-m-Umkreisvariablen einbezogen (Modell 1), einmal alle drei Entfernungsstufen. Kommen inhaltlich gleiche Variable in verschiedenen Entfernungsstufen vor (nur in Modell 3, bspw. Leerstandsrate des Umfelds), so tritt eine gewisse Multikollinearität auf, welche jedoch nie den Wert des Korrelationskoeffizienten von 0,7 übersteigt. Das Handelsumfeld hat ebenso wie die Größe des Büroflächenclusters keinen signifikanten Einfluss auf das Auftreten von Leerstand. Der positive Effekt der Dichte des Umfelds (Modell 2) lässt sich offensichtlich auch durch die Variablen Entfernung zum Zentrum, zur Autobahn und zur S-Bahn beschreiben (Modell 1 und 3). Die räumliche Autokorrelation von Leerstand konnte nur in Modell 3 (mit widersprüchlichen Koeffizienten) nachgewiesen werden. Leerstand zieht also nicht unbedingt Leerstand an, die Cluster lassen sich eher durch ihre Struktur erklären.

Zur Bestimmung von Leerstandswahrscheinlichkeiten von Gebäuden mit bekannten erklärenden Variablen müssen, wie in Kapitel 10.2.2 beschrieben, zunächst die Logits errechnet werden und diese dann per Transformation in Wahrscheinlichkeiten umgerechnet werden.

In Modell 1 ergibt sich exemplarisch für ein Gebäude mit ausschließlich neuem Bürobestand im Umfeld, einer Entfernung zum Stadtzentrum von 2 km, einer Entfernung zur Autobahn von 7 km, einem ÖPNV-Nutzwert von Null, einer Geschosszahl von 5 und dem Baujahr 2000:

$$p(Leerstand) = \frac{1}{1 + e^{-[-25{,}939 - (2 \cdot 0{,}199) - (7 \cdot 0{,}225) + (5 \cdot 0{,}237) + (2000 \cdot 0{,}0129)]}} = 28{,}4\%$$

15.3.3 Methodisches Fazit

Die inhaltlichen Aspekte der Anwendung des Modells werden in Kapitel 16 diskutiert.

Die Übertragung des hedonischen Konzeptes auf die Leerstandswahrscheinlichkeit vermag trotz des bei binär-logistischen Regressionen typischerweise niedrig liegenden Erklärungsgehaltes gut zwischen verschiedenen Lagen der Stadt zu differenzieren.

Wie bei der hedonische Preisanalyse bleiben zu vermutende Erklärungsfaktoren baulicher Natur unbekannt, da keine Daten vorliegen (z.B. Parkplatzsituation, Repräsentativität, Ausstattung etc.). Der niedrige Erklärungsgehalt ist deshalb verständlich. Zudem ist zu berücksichtigen, dass das Auftreten von Leerstand deutlich mehr Zufällen unterliegt als die Aushandlung eines Preisniveaus, welches sich doch stark am Marktpreis orientiert. Angesichts der Tatsache, dass einige Variablen signifikant sind, sich mehrheitlich sinnvoll zu interpretierende Vorzeichen für die Koeffizienten ergeben und die errechneten Wahrscheinlichkeitsschätzer eine gewisse Bandbreite abdecken, kann man trotzdem davon ausgehen, dass die Schätzung als verwendbar zu bezeichnen ist.

Die entscheidende methodische Frage bei der Beurteilung eines Modells zur Schätzung von Leerstandswahrscheinlichkeiten ist, ob der errechnete Wert als eine Art Risikomaß angesehen werden kann. In diesem Fall könnte eine Häufung von hohen Leerstandswahrscheinlichkeiten sowohl der Stadtplanung eine Art Frühwarnsystem für städtebauliche Probleme sein als auch einen Bewertungsmaßstab für Investoren bilden. Bei der Beantwortung dieser Frage ist zu berücksichtigen, dass das Eingangsdatensample natürlich den heutigen Leerstand analysiert und hierfür Faktoren findet. Gedanklich müssen also zum einen die Einflussfaktoren in die Zukunft fortgeschrieben werden. Dabei können bspw. prognostizierbare Änderungen wie die Verbesserung der Verkehrssituation o.ä. wirksam werden. Problematisch ist diese Fortschreibung aber bspw. bei der räumlichen Autokorrelation des Leerstandes. Zum anderen ist natürlich die Frage zu stellen, inwieweit der für heute geschätzte Modellzusammenhang auch in Zukunft noch gültig sein wird.

Erläutert sei dies an einem Beispiel: Es ist stark anzunehmen, dass der positive Einfluss, den ein Büroumfeld aus den siebziger Jahren auf die Leerstandswahrscheinlichkeiten hat, auch in Zukunft wirksam wird – aufgrund der Bauweise dieser Epoche. Der Effekt ist also an den Parameter „siebziger Jahre“ gekoppelt. Der positive Einfluss auf den Leerstand durch Bürogebäude der letzten Jahre dürfte sich aber verlieren, wenn genügend Mieter von alten Immobilien in den neu errichteten umgezogen sind. Der korrekte Schätzparameter wäre hier also nicht das Baujahr, sondern das Alter der Immobilie. In einer einmaligen Untersuchung kann dies natürlich nicht getrennt werden. Für künftige Forschungsvorhaben ist es aber sicherlich interessant, zu erheben, wie sich die Einflussfaktoren auf den Leerstand im Zeitablauf darstellen. Hieraus könnten dann detailliertere Schlussfolgerungen gezogen werden. Das Problem wird grundsätzlich in der Mikrosimulation im folgenden Kapitel gelöst, da diese die Längsschnittmodellierung und die Querschnittmodellierung integriert.

15.4 Mikrosimulation

Nachdem in den vorherigen Modellen entweder dynamische Entwicklungen auf der Gesamtstadtebene oder statische Eigenschaften auf der Gebäudeebene modelliert wurden, wird mit der Mikrosimulation nun eine Methode durchgeführt, welche dynamisch auf der Mikroebene (Büronutzer, Bürogebäude) arbeitet. Die Methode wurde in Kapitel 10.3 vorgestellt, Referenzen insbesondere zum zentralen Element der Standortallokation finden sich in Kapitel 9.2.

Vorab sei angemerkt, dass eine in die empirische Praxis umgesetzte Mikrosimulation ein äußerst aufwändiges Verfahren ist. Hieraus ergibt sich das Dilemma, dass eine vollständig durchgearbeitete Büromarktsimulation eigentlich eine eigene Arbeit darstellt. Auf der anderen Seite wäre eine Dissertation über Geomodellierung in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft am praktischen Beispiel unvollständig, wenn man nicht auf die Simulation einginge. Die folgenden Ausführungen sowie die Ergebnisdarstellung in Kapitel 16 sollten deshalb als exemplarische Umsetzung

oder Prototyp verstanden werden – nicht als marktreife Analysesoftware. Dabei wurde auf manuell aufwändige Verfahren zur Eingangsdatengewinnung verzichtet zugunsten methodischer Aspekte wie der Schätzung der Regressionsgleichungen zum Umzugsverhalten, einer lauffähigen Basisversion der Simulation und ersten Testergebnissen.

Mikrosimulationen können im Wesentlichen für zwei Fragestellungen genutzt werden: Einerseits prognostizieren sie den Zustand bzw. die Eigenschaften jedes einzelnen Akteurs, andererseits geben sie nach einer Art virtueller Volkszählung Auskunft über den Zustand des Gesamtmarktes.

Wichtig sind zwei Eigenschaften der Mikrosimulation:

- Die Entscheidungen der einzelnen Akteure sind nicht deterministisch, sondern unterliegen Zufällen. Die Höhe der Wahrscheinlichkeit für gewisse Entscheidungen bemisst sich an den Eigenschaften des Akteurs bzw. den Eigenschaften der verschiedenen Alternativen. Ein Simulationsdurchlauf bringt deshalb immer zufällige Ergebnisse, weswegen viele Durchläufe nötig sind, wenn man die Wahrscheinlichkeitsverteilung für verschiedene Zustände der Zukunft eruieren will.

- Mikrosimulationen benötigen für die Suche nach signifikanten Einflussfaktoren auf Veränderungen nur Stichproben als Datengrundlage. Dies kommt der problematischen Datensituation im Bereich Büromarktanalyse entgegen. Allerdings benötigen Simulationen eine vollständige Startpopulation. Diese kann jedoch auch synthetisch generiert werden in der Form, dass alle Einzelobjekte zusammen alle bekannten Eigenschaften der Aggregatdaten erfüllen. Bei synthetisch generierten Objekten (und nur da!) ist jedoch die individuelle Prognose nicht valide. Dieses Problem ist allerdings gering, da Anwender von Simulationen auf der individuellen Ebene im Regelfall über den aktuellen Zustand der sie interessierenden Individuen Bescheid wissen. Wendet ein Halter umfangreiche Immobilienbestände eine Simulation für das Rating seiner Bestände an (vgl. Kapitel 16.3), so wird er über die eigenen, ihn interessierenden Objekte die notwendigen Detailinformationen besitzen. Synthetisch generiert wird dann nur der „Rest“, der notwendig ist, um das Verhalten der Konkurrenten und somit des gesamten Marktes zu modellieren.

15.4.1 Die Zusammenstellung der Startpopulation

Zur Zusammenstellung einer Startpopulation für die Mikrosimulation des Büroflächenmarktes Stuttgart ist es notwendig, Nutzer und Bürogebäude so zu verknüpfen, dass jeder Nutzer lokalisiert ist und bei jedem Gebäude bekannt ist, wer es nutzt (oder ob es leer steht). Dies ist aber nicht überall bekannt. Hauptproblem ist, dass auf der Nachfrageseite nur Büronutzer als Hilfsgröße für die Rekonstruktion der erforderlichen Arbeitsstätten vorliegen. Optimal wäre eine Begehung auch der Nutzer gewesen. Dies wäre aber im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit nur unter Abstrichen bei den methodischen Details zu leisten gewesen. Falls im Rahmen der nächsten Volkszählung auch eine Arbeitsstättenzählung stattfinden sollte, kann mit diesen Daten gearbeitet werden.

Die vorliegende Arbeit verwendet deshalb das aus der Stadtsimulation bekannte Konzept der so genannten synthetischen Population. Aufgabe dieses Kapitels ist es deshalb, eine Startpopulation so zu konstruieren, dass sie alle bekannten Informationen erfüllt und als repräsentatives Abbild der Realität angesehen werden kann.

Wie in Kapitel 14.1.1 beschrieben, soll die Ebene der Simulation auf der Angebotsseite die standardisierte Adresse sein (d.h. alle Gebäudeteile und Gebäude, die zu einer Straße mit Hausnummer ohne Berücksichtigung von Buchstabenzusätzen gehören). Ein Nutzer gehört zu genau einer standardisierten Adresse. Unternehmen oder Behörden mit mehreren Arbeitsstätten werden als mehrere Nutzer modelliert.

Zuordnung der Nutzer

Die eigentliche Zuordnung von Gebäuden und Nutzern läuft analog des in Kapitel 14.1.2 bis 14.1.4 beschriebenen Verfahrens, indem zunächst alle Nutzeradressen standardisiert werden, danach alphanumerisch an die Gebäude des Katasters geknüpft werden und die nicht erfolgreichen Fälle schließlich über die so genannten „potenziellen" Adressen geokodiert und in *ArcView* dem nächstgelegene Gebäude zugeteilt werden. Die dabei entstehenden Fehler von 5 % Verlust durch unbekannte Straßennamen und geschätzt 1 % falsche Zuordnungen müssen in Kauf genommen werden.

Bei der Zuordnung von Nutzern zu Bürogebäuden (Gebäude, in denen u.a. Büronutzungen genehmigt wurden) können folgende Fälle auftreten:

- Ein bürotypischer Nutzer wird in ein Bürogebäude verknüpft – der gewollte Fall.
- Ein bürotypischer Nutzer wird in ein Nicht-Bürogebäude verknüpft. Hierbei ist davon auszugehen, dass es sich tatsächlich um Zweckentfremdung handelt.
- Ein nicht primär bürotypischer Nutzer (Einzelhandel, Produktion) wird in ein Bürogebäude verknüpft. In reinen Bürogebäuden ist dies unproblematisch (Verwaltung). Bei mischgenutzten Gebäuden ist es nun nicht möglich zu erkennen, ob der Verwaltungssitz des Einzelhändlers die Büroflächen belegt oder ob der Einzelhändler genehmigte Ladenflächen beansprucht und die Büroflächen anderweitig genutzt sind. Sind keine weiteren bürotypischen Nutzer bekannt, so wird ersteres angenommen, sind welche bekannt, dann letzteres.

Zuordnung der Leerstände

Die Leerstände liegen nicht auf der Ebene der standardisierten Adressen vor, sondern auf Ebene der Objekte der Begehung. In zahlreichen Fällen sind diese identisch. In den anderen Fällen erfolgt die Zuordnung der Leerstände manuell. Dies betrifft insbesondere die Fälle, in denen ein Objekt der Begehung aus mehreren standardisierten Adressen der Gebäudefachdaten besteht. In diesem Fall wurde eine gleiche prozentuale Verteilung der Leerstände auf die standardisierten Adressen angenommen.

Problematisch sind diejenigen Fälle, in denen Leerstand in einem Büroobjekt der Begehung auftritt, welches laut Gebäudefachdaten nicht zu den Bürogebäuden zählt (oder in den Gebäudefachdaten wegen Neubau noch nicht enthalten ist). Da die ganze Simulation grundsätzlich auf den Gebäudefachdaten basiert, müssen 20,3 % der leer stehenden Flächen (19,8 % der Objekte) herausfallen. Es ergeben sich schließlich 251 Objekte mit Leerstand.

Die Begehungsdaten ermöglichen theoretisch sogar eine Quantifizierung der Leerstände in m². Sie hilft in der Simulation jedoch nicht viel weiter, da für die von Nutzern beanspruchten Flächen keine Werte vorliegen. Hier wurde nur nach vollständig leer stehend und anteilig leer stehend unterschieden.

Zahl der Flächeneinheiten pro Gebäude

Die Basisversion der Simulation arbeitet mit *Flächeneinheiten*, d.h. ein Gebäude besteht aus einer oder mehreren Flächeneinheiten, wobei ein Nutzer genau eine Flächeneinheit belegt. Die Zahl dieser Einheiten ist konstant, d.h. Fälle wie „ein Nutzer mietet die Flächen des ausgezogenen Nachbarn hinzu“ oder „nach einem großen Auszug werden die Flächen geteilt“ werden in der Basisversion nicht modelliert. Im Idealfall gibt es genauso viele Flächeneinheiten, wie Einträge in den Nutzerdatenbanken.

Allerdings ist noch nicht geklärt, wie die Gebäude ohne Nutzer und ohne Leerstand genutzt werden. Hier kann es sein, dass es sich um Zweigstellen bereits erfasster Nutzer oder um fehlende Einträge in den Quelldatenbanken handelt. Aber auch in Gebäuden mit zugeordnetem Nutzer können Informationen zu anderen Nutzern fehlen. In *beiden* Fällen wird deshalb die zusätzliche Kategorie des unbekannten Nutzers hinzugefügt. Er wird in der Basisversion der Simulation ein völlig durchschnittliches Verhalten an den Tag legen, kann aber in erweiterten Varianten auch durch gebäudespezifisches Verhalten charakterisiert werden.

Die Frage ist dabei, wie viele unbekannte Nutzer in jedes Gebäude aufzufüllen sind. Hierzu ist zunächst zu klären, wie viele Nutzer insgesamt in ein Gebäude „passen“. Dies wird anhand einer Regressionsgleichung über den natürlichen Logarithmus der Zahl der gefundenen Nutzer pro Gebäude (in den Fällen ab einem Nutzer) geschätzt. Diese Wahl könnte theoretisch zu niedrige Ergebnisse liefern, da ja in den untersuchten Fällen auch noch unbekannte Nutzer fehlen könnten. Sie könnte aber auch zu hohe Werte liefern, da ein Gebäude ohne Nutzereintrag in einer der Datenbanken dafür spricht, dass in diesem Gebäude tatsächlich eher nur eine Zweigstelle mit nur einem Nutzer vorhanden ist. Dies ist ohne vergleichende Begehung nicht zu klären. Es wird aber angenommen, dass sich Über- und Unterschätzung in etwa aufheben.

Die Regressionsgleichung bietet auch kein besonders gutes Bestimmtheitsmaß (Korr. R^2 von 22,3 %). Sie wird aufgrund der Vielzahl an signifikanten Variablen und der wenigen daraus inhaltlich abzuleitenden Schlussfolgerungen hier nicht im Detail wiedergegeben. Signifikant positiv sind erwartungsgemäß die Zahl der Stockwerke, die Innenstadtlage und die Größe des Gebäudes. Anhand dieser Gleichung erfolgt die Hochrechung der Zahl der Flächeneinheiten pro Gebäude.

Auffüllung mit unbekannten Nutzern

Der abgerundete Schätzwert der Regressionsgleichung minus die vorhandenen Nutzer ergibt die vorläufig zu vergebenden Flächeneinheiten. Diese teilen sich auf in Leerstandseinheiten und unbekannt genutzte Flächeneinheiten.

Bei vollständigem Leerstand werden alle verbleibenden Flächeneinheiten dem Leerstand zugeordnet. Bei anteiligem Leerstand in einem Gebäude ohne Nutzer wird die Hälfte der geschätzten Zahl der Flächeneinheiten auf leer gesetzt, die andere Hälfte auf unbekannt. Bei anteiligem Leerstand in einem Gebäude mit Nutzer wird die noch zu vergebende Zahl der Flächeneinheiten leer gesetzt.

Nach diesem Verfahren ergibt sich eine Startpopulation von 14.386 Flächeneinheiten, von denen 414 leer stehen, 7.435 einen bekannten Nutzer haben und 6.537 einen unbekannten. Angesichts der großen Zahl der unbekannten Nutzer sei wiederholt: Hierbei handelt es sich um eine synthetische Generierung von Arbeitsstätten und nicht um die Zahl von Unternehmen und Behörden!

Manuelle Verbesserungsmöglichkeiten bei Großnutzern

Ein häufiger Fall von Arbeitsstätten mit fehlenden Einträgen in den Unternehmens- und Behördendatenbanken sind Gebäude außerhalb des Hauptgebäudes bei wenigen Großnutzern in Stuttgart (insbesondere bei Daimler, Bosch und Porsche, aber auch bei der Landesregierung oder der Universität), die über eigene Gelände mit mehreren Bürogebäuden verfügen. In diesen Fällen ist es sinnvoll, manuell aufzubessern. Die Gebäude werden auf nur eine Flächeneinheit zurückgesetzt, eine neue Nutzernummer generiert und diese mit den bekannten Informationen des Nutzers Daimler AG etc. gefüllt.

15.4.2 Die Zusammenstellung der exogen vorgegeben Zuzieher und Neubauflächen

Die Basisversion der Simulation geht davon aus, dass Zuzieher und Neubauflächen exogen vorgegeben werden.

Bei den Zuziehern besteht die Möglichkeit, durch keine oder wenige Zuzieher ein Rezessionsszenario zu simulieren. Wird der Aufwand der manuellen Zusammenstellung einer Zuzieherpopulation gescheut, so besteht die Möglichkeit, in der Simulation den Fortzug von Nutzern „wegzulassen“, so dass nur noch umgezogen wird. Ansonsten bietet es sich an, die aus den IHK-Daten bekannten Zuzugsnutzer nochmals einzufügen (bspw. so, dass jedes zukünftige Jahr eine Zufallsauswahl aus den Jahren 2000 bis 2004 gezogen wird). In diesem Fall wird von einem relativ konstant strukturierten Zuzugsstrom ausgegangen. Sollen zyklische Marktbewegungen simuliert werden, so kann die Zufallsauswahl vergrößert oder verkleinert werden. Der Strukturwandel, der tendenziell zu einem Fortzug von produzierendem Gewerbe ins Umland und zu einem Zuzug von Dienstleistungen führt, dürfte mit den Vergangenheits-Mikrodaten ausreichend dargestellt werden.

Bei den Neubauflächen sollten grundsätzlich die Ergebnisse der Angebotsflächenanalyse in Kapitel 13.1 und der Neubauprognose (Ergebnisse in Kapitel 16.1.2) berücksichtigt werden. Dabei bieten die Neubauflächen pro Jahr die obere Schranke der neu entstehenden Gebäude. Die Standorte können alternativ getestet werden. Für diese Arbeit wird eine Zufallsauswahl aus den kurzfristigen Flächen (in den ersten Jahren) und den mittelfristigen Flächen (für die späteren Jahre) gebildet. Schwierig ist die Annahme einer Zahl von Flächeneinheiten pro realisierbarer GF einer Baufläche. Hier wird zunächst mit dem Durchschnittswert von 550 m² GF pro Nutzer gearbeitet. Manuelle Korrekturen an Großstandorten (Stuttgart-21-Flächen, Güterbahnhof Bad Cannstatt) werden im Einzelfall durchgeführt.

15.4.3 Schätzung von Fort- / Umzugswahrscheinlichkeiten

Das Ziel des folgenden Abschnitts ist die Schätzung der ersten Simulationsgleichung. Hier geht es um die Beantwortung der Frage, welche Typen von Büronutzern besonders um- oder fortzugsaffin sind und welche besonders standorttreu sind. Einflussfaktoren hierfür werden zum einen auf der Unternehmensseite vermutet (umzugsaffine Branchen, kleine Betriebe sind mobiler als große), zum anderen auf der Standortseite (Nebenlagen sind volatiler).

Umzugsdaten sind aufgrund der beschriebenen Sonderauswertung der IHK Region Stuttgart für die Datenbasis der IHK-Betriebe vorhanden. Da neben den Betriebsvariablen (Rechtsform, Beschäftigtengrößenklasse, Branche) auch die Lage-, Umfeld- und Gebäudevariablen zur Erklärung beitragen sollen, müssen die Betriebe zunächst lokalisiert werden. Dabei wird ein gewisser Verlust an Zuordnungen in Kauf genommen, solange die daraus folgende Stichprobe an Betrieben die glei-

chen Eigenschaften aufweist wie das Ursprungssample. Es wird das reduzierte UFP-Sample mit 7.464 Einträgen genutzt (vgl. Kapitel 14.1.6), welches nur Betriebe umfasst, die Gebäuden mit Büronutzung zugeordnet werden konnten. Dafür enthält diese Stichprobe eine umfangreichere Auswahl an potenziell erklärenden Variablen. Angesichts diverser fehlender Einträge bei einzelnen Variablen reduziert sich das Sample schließlich auf 7.146 Fälle.

Alle Ergebnisse beziehen sich im Folgenden auf den von der IHK Region Stuttgart erhobenen Fünfjahreszeitraum. Dabei sind Unternehmen, die mehrfach umgezogen sind, auch mehrfach berücksichtigt. Damit wird der Ausschluss verlassener Standorte vermieden. Bei der Umrechnung der Verbleibswahrscheinlichkeiten auf einen Einjahreszeitraum (theoretisch die fünfte Wurzel der Verbleibswahrscheinlichkeit über fünf Jahre) treten deshalb Ungenauigkeiten auf, die im Folgenden noch erörtert werden.

Zunächst muss die Entscheidung getroffen werden, ob die Fortzugs- / Umzugsgleichung als Dreifachauswahl Verbleib – Umzug – Fortzug über eine multinomiale Logit-Gleichung geschätzt wird oder ob in einem zweistufigen Verfahren Verbleib – Veränderung und dann die Aufteilung der sich verändernden in Umzug und Fortzug jeweils per binär-logistischer Gleichung geschätzt werden. Im vorliegenden Fall wird das zweistufige Verfahren gewählt. Es bietet den Vorteil, übersichtlicher zu sein. Dies gilt v.a. vor dem Hintergrund, dass für die meisten Anwendungen insbesondere die erste Gleichung (Verbleib oder Veränderung) interessant sein dürfte. Ob ausziehende Nutzer innerhalb oder außerhalb der Stadt ihren Folgestandort finden, mag Eigentümern der verlassenen Immobilie eher sekundär erscheinen.

Schätzung Verbleib oder Veränderung

Die Schätzung der Wahrscheinlichkeiten zu Verbleib oder Standortveränderung in Abhängigkeit von Lage-, Umfeld-, Nutzer- und Gebäudevariablen erfolgte durch die Maximum-Likelihood-Schätzung und erbrachte die in Tab. 15-8 dargestellten Ergebnisse. Aus der Vielzahl an signifikanten Variabeln sollen nur einige interessante Ergebnisse gesondert erörtert werden:

- Von großer Bedeutung sind die beiden Variablen UF_IDWZ (positiver Koeffizient) und UFP_IDWZ (negativer Koeffizient). Eine Standortveränderung wird also umso wahrscheinlicher, je mehr Nutzer derselben Branche das Umfeld ebenfalls verlassen (Herdentrieb-Effekt) und je weniger Nutzer derselben Branche am Anfang überhaupt im Umfeld vorhanden waren. Letzteres spricht klar für die Unattraktivität von branchenspezifischen Streulagen. Eine (nach Stuttgarter Maßstäben) hohe Leerstandsrate im Umfeld wirkt hingegen nicht abschreckend.

- Ausgerechnet der am stärksten leer stehende und durch Neubau geprägte Stadtbezirk Stuttgart Nord (VTL_2) wurde in den untersuchten fünf Jahren überproportional häufig verlassen. Stabil ist hingegen der industriell geprägte Osten (erkennbar über die hohe Entfernung zu Zentrum und Autobahn).

Tab. 15-8: Einflussfaktoren der Wahrscheinlichkeit zur Standortveränderung

Zu erklärende Variable: Logit der Wahrscheinlichkeit zur Standortveränderung		**Modell 1**		**Modell 2**	
Binär-logistische Regression, ML-Schätzung		**Koeff. β**	**Sign.**	**Koeff. β**	**Sign.**
Konstante		-0,957	***	-1,448	***
Nutzervariablen					
BGKL1	Beschäftigtengrößenklassen (siehe Anhang 2)	0,547	***		
BGKL2		0,446	***		
BGKL3		0,654	***		
BGKL4		0,549	***		
BGKL5		0,453	***		
BGKL6		0,47	***		
BGKL7		0,524	***		
BGKL8		0,724	***		
REFO_AG	Rechtsformen (siehe Anhang 2)	-0,334	***		
REFO_GMN		-0,555	**		
REFO_PRS		-0,362	**		
REFO_GMB				0,320	***
WZ_HAND	Wirtschaftszweiggruppen (siehe Anhang 2)			0,181	**
WZ_KULT		0,545	***	0,679	***
WZ_PROD				0,274	***
WZ_UBDL2		-0,239	***	-0,135	*
WZ_VERK		-0,33	**		
WZ_VERW		1,24	**	1,113	**
Lagevariablen					
VTL2	Dummies für Stadtviertelgruppen	0,347	***	0,327	***
VTL3				-0,187	**
DISTZENT	Distanz zum Zentrum	-0,056	***		
DISTBAB	Distanz zur Autobahn	-0,032	*		
Umfeldvariablen					
UF_IDWZ	Umzüge und Fortzüge im Umkreis	0,156	***	0,161	***
UFP_IDWZ	Unternehmen im Umkreis	-0,038	***	-0,038	***
HM2_VACR	Leerstandrate im Umkreis	-0,548	**	-0,655	**
HM2_1915	Anteil der Büroflächen aus Bauepochen in Umkreis			0,516	**
HM2_1945		-0,353	*		
HM2_1960		-0,444	*	-0,403	*
HM2_1990		-0,272	*		
Gebäudevariablen					
BAUJ1914	Baujahr nach Epochen (Dummies)	0,322	**		
BAUJ1915		0,754	***	0,329	**
BAUJ1945		0,544	***	0,171	*
BAUJ1960		0,36	**		
BAUJ1970		0,325	**		
BAUJ1980		0,353	***		
BAUJ1990		0,57	***	0,160	**
BAUJ2000				-0,395	***
MAXOG	Zahl der Stockwerke	-0,026	*		
SUMGF	Gebäude-GF in 1.000 m²	-0,002	***	-0,0025	***
Nagelkerkes-R^2		**12,60%**		**10,90%**	
n = 6.923, Vorzeichen signifikant auf dem *** 99%-, ** 95%- oder *90%-Niveau.					

- Die Umzugsbereitschaft steigt in den unattraktiven Gebäudejahrgängen 1915-1959. Interessant ist auch der hohe Wert für Gebäude der 1990er Jahre. Dies könnte ein Ausdruck dafür sein, dass in Stuttgart spekulative Büroimmobilien in größerem Umfang erst seit diesen Jahren errichtet wurden. Gebäude mit Baujahr über 2000 werden erwartungsgemäß kaum verlassen.

- Wenig befriedigend sind die Ergebnisse zu den Beschäftigtengrößenklassen. Zentrale „Erkenntnis" der Zahlen ist der Effekt, dass Betriebe mit bekannter Größe häufiger umziehen als Betriebe mit unbekannter Größe. Hier dürfte die Kausalität wohl ungekehrt sein: Betriebe, die umgezogen sind, haben mit höherer Wahrscheinlichkeit der IHK „bei dieser Gelegenheit" ihren Beschäftigtenbestand gemeldet. Das Muster innerhalb der Nutzer mit bekannter Größenklasse ist uneinheitlich. In der Simulation wird deshalb das Modell 2 ohne die Beschäftigtengrößenklassen verwendet. Angesichts des inhaltlich wenig sinnvollen Beitrags dieser Größe zum Modell wird auf den zusätzlichen statistischen Erklärungsgrad verzichtet.

- Der Erklärungsgehalt des Modells ist nicht allzu hoch. Dies sollte aber nicht weiter verwundern, schließlich ist die Standorteignung innerhalb einer Stadt nur eines von vielen Entscheidungskriterien über die räumliche Veränderung. Höhere Werte waren deshalb auch kaum zu erwarten. Auf der Ebene der Simulation gesamtstädtischer Wanderungen müssen jedoch betriebliche Auslöser für Veränderungen wie individuelles Beschäftigtenwachstum, wirtschaftlicher Erfolg, Fusionen, Übernahmen, persönliche Gründer der Entscheider o.ä. außen vor bleiben, da dies nie sinnvoll erhoben werden kann. Hierfür ist die Wahrscheinlichkeitskomponente in der Simulation „zuständig".

Für eine in diesem Modell sich unauffällig verhaltende GmbH in der Immobilienverwaltung (ubdl1) mit Beschäftigungsgrößenklasse 0 (unbekannt) direkt im Stadtzentrum mit Entfernung zur Autobahn von 8,2 km und zehn Unternehmen derselben Branche im Umfeld, keinen Um- oder Fortzügen im Umfeld, jeweils 10 % Anteil an Büroflächen aus den in der Tabelle genannten Jahrzehnten im Umfeld in einem Gebäude aus dem Jahr 2000 mit 5.000 m² und 5 Stockwerken ergibt sich in Modell 1 folgende Berechnung des Logits:

(Gl. 15-3) $z = -0{,}957 - (0{,}032 * 8{,}2) - (0{,}038 * 10) - (0{,}353 * 0{,}1) - (0{,}444 * 0{,}1) - (0{,}272 * 0{,}1) - (0{,}026 * 5) - (0{,}000002 * 5.000) = -1{,}8463$

Für die Schätzung der betriebs- und immobilienspezifischen Veränderungswahrscheinlichkeiten pro Jahr müssen die aus obiger Tabelle errechneten Logit-Werte in Wahrscheinlichkeiten umgewandelt werden. Daraus wird dann das Gegenereignis (Verbleib) gebildet, die fünfte Wurzel gezogen und wiederum in das Gegenereignis (Veränderung in mindestens einem der fünf Jahre) umgerechnet::

$$p_{Jahr}(Veränderung) = 1 - \sqrt[5]{1 - \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \ldots + \beta_n x_n)}}}$$

Im gewählten Beispiel ergibt sich eine fünfjährige Veränderungswahrscheinlichkeit von 13,6 % und eine einjährige Veränderungswahrscheinlichkeit von 2,9 %.

Der höhere Betriebsstand im Startjahr 2000 der Eingangsdaten sowie die mehrfache Berücksichtigung von mehrfach umziehenden Betrieben sorgen für eine leichte Überschätzung der Veränderungswahrscheinlichkeit, die aufgrund ihrer Geringfügigkeit aber in Kauf genommen wird – zumal sie durchgängig bei allen Nutzern und Immobilien wirksam ist und Standortvergleiche somit nicht beeinträchtigt.

Schätzung Umzug oder Fortzug

Die folgende Gleichung bildet die zweite Stufe der Entscheidung Verbleib / Umzug / Fortzug. Im Sample sind nur diejenigen Nutzer, die sich verändern. Die Gleichung kalkuliert Wahrscheinlichkeiten, dass es sich bei den Veränderungen um Fortzüge handelt. Die Einflussfaktoren zeigt Tab. 15-9.

Tab. 15-9: Einflussfaktoren der Wahrscheinlichkeit zum Fortzug

Zu erklärende Variable: Logit der Wahrscheinlichkeit zum Fortzug. Binär-logistische Regression, ML-Schätzung		**Koeff. β**	**Sign.**
Konstante		-0,860	***
Nutzervariablen			
BGKL2	Beschäftigtengrößenklasse 2: 4 bis 6 Beschäftigte (Dummy)	-0,522	**
BGKL4	… 4: 10 bis 19 Beschäftigte (Dummy)	-0,437	**
BGKL5	… 5: 20 bis 49 Beschäftigte (Dummy)	-0,504	**
REFO_GMB	GmbH o.ä.	0,893	***
WZ_HAND	Wirtschaftszweig Handel (Dummy)	0,420	***
WZ_PROD	Wirtschaftszweig Produktion (Dummy)	0,709	***
WZ_SOZI	Wirtschaftszweig Soziales (Dummy)	1,093	*
Umfeldvariablen			
UF_IDWZ	Zahl der Umzüge und Fortzüge derselben Branche im Umkreis	0,019	**
HM2Q1915	Anteil der Büroflächen mit Baujahr 1915-1944 im Umkreis	1,060	**
HM2Q1945	… mit Baujahr 1945-1959 im Umkreis	0,620	*
HM2Q1970	… mit Baujahr 1970-1979 im Umkreis	0,701	**
HM2GRZ	Grundflächenzahl in 200 m Umkreis	-1,352	***
Lagevariablen			
DISTFLUG	Distanz zum Flughafen in km Luftlinie	-0,064	***
VTL3	Stadtbezirke Bad Cannstatt, Unter-/Obertürkheim u.a. (Dummy)	0,353	*
VTL5	Stadtbezirk Weilimdorf (Dummy)	0,589	**
VTL6	Stadtbezirke Zuffenhausen, Feuerbach u. a. (Dummy)	0,711	***
Gebäudevariablen			
BAUJ1915	Baujahr 1915 – 1944 (Dummy)	-0,703	**
SUMGR	Grundfläche des Gebäudes	0,000009	**
Nagelkerkes-R^2		**8,7 %**	
n = 1.822, Vorzeichen signifikant auf dem *** 99%-, ** 95%- oder *90%-Niveau. Detaillierte Erklärung der Gebäude-, Lage- und Umfeldvariablen in Kapitel 14.			

Fortzüge finden somit v.a. in den Branchen Produktion, Handel und Sozialwesen aus den nördlichen und östlichen Stadtvierteln statt. Dichte Bebauung im Umfeld fördert den Fortzug gegenüber dem Umzug. Der Erklärungsgehalt des Modells ist niedrig. In der Simulation könnte diese Gleichung deshalb testweise auch zugunsten einer völligen Zufallsauswahl aufgegeben werden. Die auch theoretisch schwierige Nachvollziehbarkeit der Entscheidung zwischen Umzug und Fortzug bestätigt nachträglich das zweistufige Verfahren. Somit konnten bei der wichtigeren Entscheidung zwischen Verbleib und Veränderung immerhin sinnvolle Einflussfaktoren gefunden werden.

Im Sample von 1.822 um- und fortziehenden Nutzern der Jahre 2000-2004 befinden sich 35,8 % Fortziehende. Die Umrechnung der Logits in die Wahrscheinlichkeit erfolgt mit der „normalen“ Formel. Die Werte sind für ein Jahr und fünf Jahre identisch (da es ja um Veränderungen unabhängig von ihrem Zeitpunkt und nicht

um einen Vergleich von Bestands- und Stromgrößen geht). Das Ziehen der fünften Wurzel entfällt somit.

Da umziehende Nutzer mehrfach enthalten sein können, fortziehende jedoch nicht, liegt die Wahrscheinlichkeit für den Umzug leicht zu hoch. Die Geringfügigkeit des Fehlers ist angesichts des Aufwandes für eine gewichtete Schätzung aber zu rechtfertigen.

15.4.4 Schätzung von Zuzugswahrscheinlichkeiten

Betriebs- und Lagevariablen können bei der Schätzung der Zuzugswahrscheinlichkeiten nicht in einer Gleichung modelliert werden – denn verschiedene Betriebstypen haben unterschiedliche Standortanforderungen. Deshalb werden für verschiedene Betriebstypen verschiedene Gleichungen geschätzt. Während vergleichbare Studien selbst gewählte Einteilungen verwenden (vgl. WADDELL / ULFARSSON (2003) ausschließlich anhand von Branchengruppen, eine intuitive Einteilung nach Betriebsgröße und Dynamik bei SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND IHK ZU BERLIN (2001)), soll hier die Tatsache genutzt werden, dass über die Nutzer neben der Branche die zusätzlichen Informationen Beschäftigtengrößenklasse sowie die Rechtsform vorliegen. Aus diesem Grund wird eine Clusteranalyse vorgeschaltet, die Betriebstypen mit ähnlicher Standortwahl zusammenfasst und schließlich für die gebildeten Cluster jeweils eigene Zuzugsgleichungen schätzt.

Für die Schätzung wird das ZU-Sample mit 1.848 Zuzügen und Umzügen (Zielorte) verwendet, in dem nur diejenigen Zuzieher aufgenommen wurden, welche in ein Gebäude mit (anteiliger) Büronutzung ziehen (alphanumerische Verknüpfung ohne Schätzungen, siehe Kapitel 14.1.6). Zwei Betriebe des Sektors Landwirtschaft in Gebäuden mit Büronutzung wurden herausgenommen.

Clusterung der Nutzer

Angesichts der in den IHK-Daten vorliegenden Informationen über dreizehn Beschäftigtengrößenklassen mal elf Branchen mal fünf Rechtsformen könnten theoretisch 715 Betriebstypen gebildet werden und für diese eigene Gleichungen geschätzt werden. Da die Schätzung der Zuzugsgleichung mit einem Sample von „nur“ 1.848 Einträgen arbeitet, gibt es allerdings zahlreiche Kombinationen von Betriebseigenschaften, die keine oder nur wenige Nutzer umfassen. Da die Clusteranalyse Gruppen mit ähnlichen Eigenschaften fusionieren soll, müssen die Gruppen zunächst so groß sein, dass ohne allzu große Wirkung einzelner Ausreißer beschreibende Eigenschaften wie Mittelwerte und Standardabweichungen innerhalb der Gruppe berechnet werden können. Die 715 Betriebstypen müssen also manuell „vorfusioniert“ werden. Dabei wird eine Gruppenmindestgröße von 30 Eintragungen angestrebt und die durch GmbH’s dominierte Rechtsform als Unterscheidungsmerkmal ganz aufgegeben. Es ergeben sich die in Tab. 15-10 dargestellten Gruppen.

Die Clusterung erfolgt anhand von „durchschnittlichen“ Standortvariablen, d.h. es sollten diejenigen Gruppen zusammengefasst werden, von denen die erwartete ähnliche Standortwahl auch durch ähnliche Standortmaßzahlen zum Ausdruck kommt. Folgende Lage- und Umfeldparameter werden zur Beschreibung der Gruppe gewählt:

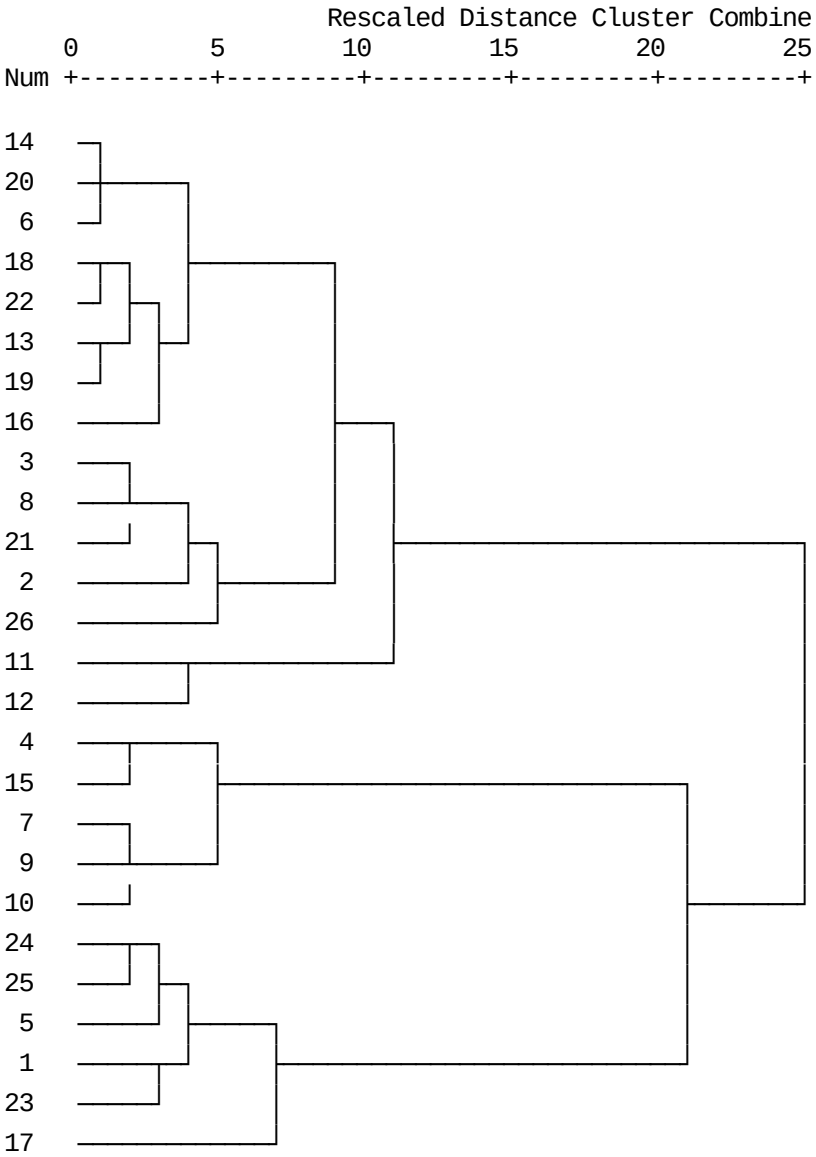
Tab. 15-10: Manuelle Vorclusterung der Nutzertypen

BGKL	ubk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	
bank	Gruppe 1												
	46	19	2	3	8	4	3		1	2	2		90
hand	G 2	G 3	Gruppe 4		Gruppe 5								
	163	51	27	15	24	23	9	9	12	1			334
kult	Gruppe 6												
	42	13	7	3	6	1	3	4					79
prod	G 7	G 8	Gruppe 9			Gruppe 10							
	109	37	14	10	20	22	11	8	4	4	1	1	241
rest	Gruppe 11												
	12	1	2	1		2	1						19
sozi	Gruppe 12												
	8	2		1		3		1					15
ubdl1	G 13	G 14	Gruppe 15		G 16	Gruppe 17							
	202	73	30	5	35	31	6	7	3				392
ubdl2	G 18	G 19	G 20	G 21	G 22	G 23	Gruppe 24						
	269	106	58	27	58	44	22	9	14	1	1		609
verk	Gruppe 25												
	24	11	5	3	8	6	2				2		61
verw	Gruppe 26												
	6				1			1					8
	882	313	146	68	160	136	57	39	34	8	6	1	1848

- MY_ÖPNV – Mittelwert der individuellen ÖPNV-Nutzwerte (berechnet durch 1000 – Entfernung zur nächsten S-Bahn, falls Entfernung < 1000 m, sonst Null)
- SIGMÖPNV – Standardabweichung der individuellen ÖPNV-Nutzwerte
- MY_OG – Mittelwert der Zahl der Obergeschosse in der Gruppe
- SIGM_OG – Standardabweichung der Zahl der Obergeschosse
- MY _BAUJ – Mittelwert des Baujahrs in der Gruppe
- SIGM BAUJ – Standardabweichung des Baujahrs
- MY _BYFL – Mittelwert der Größe der Büroflächen im Gebäude
- SIGM BYFL – Standardabweichung der Größe der Büroflächen im Gebäude
- X – X-Koordinate des Mittelpunktes der Gruppe
- Y – Y-Koordinate des Mittelpunktes der Gruppe
- STDIST – Standarddistanz in der Gruppe (die Entfernung, die sich aus den mittleren quadrierten Abweichungen von X-Koordinaten und Y-Koordinaten ergibt, zu Berechnung und Einsatz dieser Maßzahl siehe MITCHELL 2005, 39 ff.)

Die Clusteranalyse für die 26 Gruppen anhand der elf Variablen wird mit SPSS und der Methode von Ward (vgl. BACKHAUS ET AL. 2004, 511 ff.) durchgeführt. SPSS kalkuliert zunächst eine Distanzmatrix zwischen allen 26 Gruppen und fusioniert dann nach dem Ward-Algorithmus (er begünstigt im Gegensatz zu anderen Verfahren, welche eher zur Ausreißerdiagnostik geeignet sind, die Bildung etwa gleich großer Gruppen). Die Zielzahl der Gruppen wird bewusst offen gelassen, da die Clusteranalyse nur als Anhaltspunkt für eine manuelle Nachbearbeitung dienen soll, welche anhand der statistischen Erkenntnisse auch die Ähnlichkeit von Betriebstypenklassen und Branchen berücksichtigen soll. Abb. 15-2 zeigt das Dendrogramm, indem die Distanz zwischen den Gruppen auf das Intervall [0;25] standardisiert wird.

Abb. 15-2: Dendrogramm der Clusteranalyse



Die Clusteranalyse erbringt einige sehr sinnvolle Ergebnisse, indem sie bspw. kleinere Gruppen sinnvoll zusammenfasst (z.B. 11 – rest und 12 – sozi oder die Zuordung der Kultur – 6 zu den kleinteiligen unternehmensbezogenen Dienstleistungen – 18-20). Diese Zuordnung wäre durch eine intuitive Gruppierung nicht notwendigerweise zustande gekommen. Auf der anderen Seite werden Nutzungen zusammengefasst, die wohl eher zufällig gleiche Verhaltensweisen an den Tag legen: Ein Beispiel sind die Gruppen 3 (kleinteiliger Handel), 8 (kleinteiliges produzierendes

Gewerbe) und unternehmensbezogene Dienstleistungen der Betriebsgrößenklasse 3 (Gruppe 21). Diese Gruppe wird deshalb ebenso wie der Zusammenschluss von Gruppe 4 und Gruppe 15 aufgelöst. Die herausgelösten Gruppen werden anhand der Distanzmatrix zu passenden Nachbarn zugeordnet. Im Ergebnis wird für die weitere Untersuchung die Sechs-Cluster-Lösung aus Tab. 15-11 verwendet.

Im Folgenden wird für jedes dieser Cluster eine eigene Zuzugsgleichung geschätzt. Testweise können die einzelnen Cluster geteilt werden oder auch die einander ähnlichen Cluster 1 und 6 vereinigt werden. Dies ist Aufgabe des nun folgenden Schrittes.

Tab. 15-11: Manuelle Bereinigung der Clusteranalyse

BGKL	ubk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	
	Cluster 1												
bank	46	19	2	3	8	4	3		1	2	2		90
	Cluster 2				Zu Cluster 1								
hand	163	51	27	15	24	23	9	9	12	1			334
	Cluster 3												
kult	42	13	7	3	6	1	3	4					79
	Cluster 4												
prod	109	37	14	10	20	22	11	8	4	4	1	1	241
	Cluster 5												
rest	12	1	2	1		2	1						19
	Zu Cluster 5												
sozi	8	2		1		3		1					15
	Zu Cluster 3					Cluster 6							
ubdl1	202	73	30	5	35	31	6	7	3				392
	Zu Cluster 3					Zu Cluster 1							
ubdl2	269	106	58	27	58	44	22	9	14	1	1		609
	Zu Cluster 1												
verk	24	11	5	3	8	6	2				2		61
	Zu Cluster 3												
verw	6				1			1					8
	882	313	146	68	160	136	57	39	34	8	6	1	1848

Schätzung der Zuzugsgleichungen

Ähnlich wie die Verbleibs-Umzugs-Fortzugsgleichung wird auch die Zuzugsgleichung als binär-logistische Regressionsanalyse geschätzt, wobei gewählte Standorte, welche anhand ihrer Eigenschaften bekannt sind, den Wert Eins der erklärten Variablen erhalten und nicht-gewählte den Wert Null. In der Verbleibs-Umzugs-Fortzugsgleichung wurden die Datensätze mit Eintrag Null durch ein Kontrastsample aus dem Bestand gebildet. Vergleichbares muss hier auch geschehen, allerdings existiert an keiner Stelle eine Tabelle über nicht gewählte Standorte. Dabei ist v.a. wichtig, dass nicht die Endauswahl (bspw. durch Maklerbefragungen) als Kontrastsample verwendet wird, sondern eine repräsentative Abdeckung des gesamten Bürobestandes. An dieser Stelle werden einfach die gewählten Standorte aller anderen Cluster als nicht gewählte Standorte des zu untersuchenden Clusters verwendet. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass man damit auf tatsächlich verfügbare Standorte abstellt (schließlich könnte auch der produzierende Betrieb das Bürogebäude in 1a-Lage bekommen, letztendlich setzt sich aber die Bank durch, da der Standort für sie „geeigneter“ – und finanzierbarer – ist). Nachteilig ist dabei, dass Standorte mit Betrieben aus mehreren Clustern im gleichen Sample als gewählt und als nicht-gewählt auftauchen. Damit werden kleinteilige und für mehrere Bran-

chen hochattraktive Standorte abgewertet und der R^2-Wert der Modelle wird reduziert. Der Vorteil der Kontrastierung durch tatsächlich verfügbare anstatt frei erfundene Standorte wird hier jedoch höher bewertet.

Die folgenden Tab. 15-12 bis Tab. 15-17 zeigen die Ergebnisse. Auf eine inhaltliche Interpretation wird hier verzichtet, sie erfolgt bei der Verwendung der Gleichungen zur Prognose der Standortwahl in Kapitel 16.2.

Tab. 15-12: Cluster 1: Banken, Verkehr und Nachrichtenübermittlung, Handel mit BGKL ab 4 und 74er-Dienstleistungen mit BGKL ab 5

Zu erklärende Variable: Logit der Wahrscheinlichkeit zum Zuzug Binär-logistische Regression, ML-Schätzung		**Koeff. β**	**Sign.**	**Koeff. β**	**Sign.**
Konstante		-2,947	***	-2,675	***
Lagevariable					
OPNVUTIL	ÖPNV-Nutzwert	-0,00049	*	-0,0007	***
DISTFLUG	Distanz zum Flughafen in km Luftlinie	-0,073	*		
DISTBAB	Distanz zur nächsten Autobahnanschlussstelle in km Luftlinie	0,079	*		
DISTZENT	Distanz zum Zentrum in km Luftlinie	0,168	***		
VTL3	Stadtbezirke Bad Cannstatt, Unter- / Obertürkheim u.a. (Dummy)			0,481	**
VTL4	Stadtbezirke Plieningen, Vaihingen u.a. (Dummy)	-0,712	*		
Umfeldvariable					
HM2_HAND	Genehmigte Handelsflächen in 200 m Umkreis in m²	0,000005	***	0,000005	***
HM2_GRZ	Grundflächenzahl im Umkreis	1,951	**	1,687	**
AVG_BGKL	Durchschnittliche Betriebsgrößenklasse im Umkreis	0,306	***	0,319	***
ZU_IDWZ	Absolute Zahl der Zuzüge der gleichen Branche imUmkreis	-0,049	***	-0,048	***
ZU_BE_Q	Zuzüge / Bestand der gleichen Branche im Umkreis	-0,795	***	-0,796	***
Gebäudevariable					
MAXOG	Zahl der Stockwerke	0,059	*	0,054	*
SUMBYRO	Summe der Büroflächen in m²	0,000	**	0,000	**
BAUJ1914	Baujahr vor 1914 (Dummy)	-0,507	*	-0,563	**
MAXJ1970	Baujahr oder letztes Umbaujahr 1970-1979	-0,469	*	-0,480	*
MAXJ1980	Baujahr oder letztes Umbaujahr 1980-1989	-0,452	**	-0,429	**
MAXJ1990	Baujahr oder letztes Umbaujahr 1990-1999	-0,458	***	-0,439	***
WOGEB_JN	Zusätzlich genehmigte Nutzung Wohnen (Dummy)	0,398	**	0,365	**
MISCHGEB	Weitere zusätlich genehmigte Nutzung (Dummy)	-0,415	**	-0,400	**
Nagelkerkes-R^2		**11,0%**		**10,6 %**	
n = 1.771, Vorzeichen signifikant auf dem *** 99%-, ** 95%- oder *90%-Niveau. Detaillierte Erklärung der Gebäude-, Lage- und Umfeldvariablen in Kapitel 14.					

Tab. 15-13: Cluster 2: Handel mit BGKL bis 3 (plus BGKL=ubk)

Zu erklärende Variable: Logit der Wahrscheinlichkeit zum Zuzug, Binär-logistische Regression, ML-Schätzung		**Koeffizient β**	**Sign.**	**Koeffizient β**	**Sign.**
Konstante		-2,286	***	-1,421	***
Lagevariable					
OPNVUTIL	ÖPNV-Nutzwert	-0,0005	*		
DISTFLUG	Distanz zum Flughafen in km Luftlinie			-0,078	**
DISTZENT	Distanz zum Zentrum in km Luftlinie	0,081	***	0,141	***
VTL4	Stadtbezirke Plieningen, Vaihingen u.a. (Dummy)			-0,685	*
Umfeldvariable					
HM2_VACR	Leerstandrate im Umkreis	1,201	**	1,330	**
HM2_2000	...mit Baujahr ab 2000 im Umkreis	0,797	**	0,815	**
BE_IDWZ	Bestand der gleichen Branche im Umkreis	0,036	***	0,035	***
ZU_IDWZ	Absolute Zahl der Zuzüge der gleichen Branche im Umkreis	-0,150	***	-0,150	***
Gebäudevariable					
MAXOG	Zahl der Stockwerke			-0,071	**
SUMGR	Grundfläche in m²	0,000045	**		
SUMM3	Summe des umbauten Raums in m³	-0,000004	**		
HDGEB_JN	Zusätzlich genehmigte Nutzung Handel (Dummy)	0,502	***	0,526	***
Nagelkerkes-R^2		**10,9%**		**10,7 %**	
n = 1.771, Vorzeichen signifikant auf dem *** 99%-, ** 95%- oder *90%-Niveau. Detaillierte Erklärung der Gebäude-, Lage- und Umfeldvariablen in Kapitel 14.					

Tab. 15-14: Cluster 3: Kultur, Verwaltung, unternehmensbezogene Dienstleistungen bis BGKL 4

Zu erklärende Variable: Logit der Wahrscheinlichkeit zum Zuzug , Binär-logistische Regression, ML-Schätzung		**Koeffizient β**	**Sign.**
Konstante		1,058	***
Lagevariable			
OPNVUTIL	ÖPNV-Nutzwert	0,00049	**
DISTFLUG	Distanz zum Flughafen in km Luftlinie	0,066	**
DISTZENT	Distanz zum Zentrum in km Luftlinie	-0,201	***
VTL4	Stadtbezirke Plieningen, Vaihingen u.a. (Dummy)	1,017	***
Umfeldvariable			
HM2_HAND	Genehmigte Handelsflächen in 200 m Umkreis in m²	-0,000008	***
HM2_VACR	Leerstandrate im Umkreis	-0,761	*
HM2_GRZ	Grundflächenzahl im Umkreis	-2,478	***
HM2_2000	...mit Baujahr ab 2000 im Umkreis	-0,761	***
AVG_BGKL	Durchschnittliche Betriebsgrößenklasse im Umkreis	-0,180	***
BE_IDWZ	Bestand der gleichen Branche im Umkreis	-0,009	**
ZU_IDWZ	Absolute Zahl der Zuzüge der gleichen Branche in 200 m Umkreis	0,166	***
Gebäudevariable			
SUMGR	Grundfläche in m²	-0,000033	**
SUMGF	Geschossfläche in m²	0,000013	**
BAUJ1915	Baujahr 1915 - 1944 (Dummy)	0,648	**
SUMBYRO	Summe der Büroflächen in m²	-0,000035	**
PRGEB_JN	Zusätzlich genehmigte Nutzung Produktion (Dummy)	-0,301	***
Nagelkerkes-R²		**19,7%**	
n = 1.771, Vorzeichen signifikant auf dem *** 99%-, ** 95%- oder *90%-Niveau. Detaillierte Erklärung der Gebäude-, Lage- und Umfeldvariablen in Kapitel 14.			

Tab. 15-15: Cluster 4: Produzierendes Gewerbe

Zu erklärende Variable: Logit der Zuzugswahrscheinlichkeit , Binär-logistische Regression, ML-Schätzung		**Koeffizient β**	**Sign.**
Konstante		-0,863	***
Lagevariable			
VTL2	Stadtbezirk Innenstadt Nord (Dummy)	-1,415	**
VTL6	Stadtbezirke Feuerbach, Zuffenhausen u.a. (Dummy)	0,464	**
Umfeldvariable			
HM2_VAC	Leerstand absolut im Umkreis in m²	0,000030	**
HM2_GRZ	Grundflächenzahl im Umkreis	2,002	**
HM2_1915	...mit Baujahr 1915-1944 im Umkreis	-1,474	*
HM2_1945	...mit Baujahr 1945-1959 im Umkreis	-1,064	**
BE_IDWZ	Bestand der gleichen Branche im Umkreis	-0,122	***
Gebäudevariable			
MAXOG	Zahl der Stockwerke	-0,118	***
BAUJ1980	Baujahr 1980 - 1989 (Dummy)	0,474	**
PRGEB_JN	Zusätzlich genehmigte Nutzung Produktion (Dummy)	0,374	**
Nagelkerkes-R²		**23,2%**	
n = 1.771, Vorzeichen signifikant auf dem *** 99%-, ** 95%- oder *90%-Niveau. Detaillierte Erklärung der Gebäude-, Lage- und Umfeldvariablen in Kapitel 14.			

Tab. 15-16: Cluster 5: Sozialer Sektor und sonstige

Zu erklärende Variable: Logit der Zuzugswahrscheinlichkeit, Binär-logistische Regression, ML-Schätzung		**Koeffizient β**	**Sign.**
Konstante		-2,836	**
Lagevariable			
DISTFLUG	Distanz zum Flughafen in km Luftlinie	-0,252	**
DISTBAB	Distanz zur nächsten Autobahnanschlussstelle in km Luftlinie	0,208	*
Umfeldvariable			
HM2_HAND	Genehmigte Handelsflächen im Umkreis in m²	0,000044	***
HM2_1915	...mit Baujahr 1915-1944 im Umkreis	-5,577	**
HM2_1960	...mit Baujahr 1960-1969 im Umkreis	-5,146	**
AVG_BGKL	Durchschnittliche Betriebsgrößenklasse im Umkreis	0,629	***
BE_IDWZ	Bestand der gleichen Branche im Umkreis	-0,980	***
ZU_IDWZ	Absolute Zahl der Zuzüge der gleichen Branche im Umkreis	-0,665	**
Gebäudevariable			
BAUJ1914	Baujahr bis 1914 (Dummy)	1,344	*
BAUJ1960	Baujahr 1960 - 1969 (Dummy)	1,739	*
BAUJ1990	Baujahr 1990 - 1999 (Dummy)	1,482	**
Nagelkerkes-R²		**62,4%**	
n = 1.771, Vorzeichen signifikant auf dem *** 99%-, ** 95%- oder *90%-Niveau. Detaillierte Erklärung der Gebäude-, Lage- und Umfeldvariablen in Kapitel 14.			

Tab. 15-17: Cluster 6: Unternehmensbezogene Dienstleistungen der WZ-Codes 70-73 mit einer BGKL ab 5

Zu erklärende Variable: Logit der Wahrscheinlichkeit zum Zuzug , Binär-logistische Regression, ML-Schätzung		**Koeffizient β**	**Sign.**
Konstante		396,360	*
Lagevariable			
OPNVUTIL	ÖPNV-Nutzwert	0,0015	**
DISTZENT	Distanz zum Zentrum in km Luftlinie	-0,901	***
VTL1	Stadtbezirk Mitte (Dummy)	-1,503	**
VTL3	Stadtbezirke Bad Cannstatt, Unter- / Obertürkheim u.a. (Dummy)	1,875	*
VTL4	Stadtbezirke Plieningen, Vaihingen u.a. (Dummy)	4,691	***
VTL5	Stadtbezirk Weilimdorf (Dummy)	4,897	***
VTL6	Stadtbezirke Feuerbach, Zuffenhausen u.a. (Dummy)	2,208	**
Umfeldvariable			
HM2_1914	Anteil der Büroflächen mit Baujahr bis 1914 im Umkreis	-401,305	*
HM2_1915	...mit Baujahr 1915-1944 im Umkreis	-402,894	*
HM2_1945	...mit Baujahr 1945-1959 im Umkreis	-401,328	*
HM2_1960	...mit Baujahr 1960-1969 im Umkreis	-401,088	*
HM2_1970	...mit Baujahr 1970-1979 im Umkreis	-400,912	*
HM2_1980	...mit Baujahr 1980-1989 im Umkreis	-400,104	*
HM2_1990	...mit Baujahr 1990-1999 im Umkreis	-401,106	*
HM2_2000	...mit Baujahr ab 2000 im Umkreis	-402,262	*
AVG_BGKL	Durchschnittliche Betriebsgrößenklasse im Umkreis	0,708	***
BE_IDWZ	Bestand der gleichen Branche im Umkreis	-0,098	***
ZU_IDWZ	Absolute Zahl der Zuzüge der gleichen Branche im Umkreis	0,225	***
Gebäudevariable			
SUMGR	Grundfläche in m²	0,000074	***
SUMGF	Geschossfläche in m²	-0,000038	**
BAUJ1970	Baujahr 1970 - 1979 (Dummy)	1,138	**
SUMBYRO	Summe der Bürofächen in m²	0,000078	*
Nagelkerkes-R²		**17,5%**	
n = 1.771, Vorzeichen signifikant auf dem *** 99%-, ** 95%- oder *90%-Niveau. Detaillierte Erklärung der Gebäude-, Lage- und Umfeldvariablen in Kapitel 14.			

15.4.5 Simulation

Die Programmierung der Simulation selbst erfolgt mit *Visual Basic for Applications* innerhalb der Datenbank Access. Dabei wird im Rahmen dieser Arbeit nur die Basisversion (vgl. Kapitel 10.3.1) umgesetzt. Sie beinhaltet noch keine GIS-gestützten Abfragen der Geovariablen in jeder Runde, sondern geht von stabilen Geovariablen aus. In der Konsequenz beinhaltet das Programm zwar digitalisierte Berechnungen der Umzugs- und Fortzugwahrscheinlichkeiten, nicht jedoch die branchenspezifischen Zuzugswahrscheinlichkeiten. Da Letztere konstante gebäudespezifische Größen sind, wurden sie separat berechnet und statisch in der Gebäudetabelle gespeichert.

Der Programmcode der Basisversion befindet sich in Anhang 1. Zum besseren Verständnis gibt Tab. 15-18 einen Überblick über die vom Programm verwendeten Tabellen. Abb. 15-3 zeigt die Programmstruktur.

Tab. 15-18: Nummerierung der Tabellen im Programm

Name	Aktualisierung	Primärschlüssel	Weitere Variable
A100 „Gebäudetabelle“	nie	Stand. Adresse des Gebäudes (HADRCOD)	Gebäudeeigenschaften (Gebäude-, Lage-, Umfeldvariable), Logits der Zuzugsgleichung nach Nutzertypen
A100_1 etc. “Neubautabelle für Iteration 1“			
A300 “Nutzertabelle“	nie		
A300_1 etc. “Zuziehertabelle für Iteration 1“			
A400_iter	Jede Iteration	Flächeneinheit („UNIT“)	Gebäude der UNIT, in der UNIT befindlicher Nutzer
A500	Temporär jede Iteration	Flächeneinheiten mit Nutzer	Umzugs- und Fortzugswahrscheinlichkeit
A600	Temporär bei jedem Umzieher	Flächeneinheiten, die zur Verfügung stehen	Zuzugswahrscheinlichkeiten
A700			

Abb. 15-3: Struktogramm des Programms

Schleife der Simulationsdurchläufe: Durchläufe als Basis für statische Auswertungen

Schleife der Iterationen: Eine Iteration entspricht ein Jahr

Schleife der Nutzer: Bestimmung von Fort- und Umzügen

- **Berechne Fortzugs- und Umzugswahrscheinlichkeiten**
- **Bestimme Umzüge und Fortzüge durch den Vergleich von Wahrscheinlichkeit und Zufallszahl**

Schleife der Nutzer:
Wenn Umzug,dann ins Umzugssample
Wenn Fortzug, dann Streichung
Wenn Persistenz,dann in die Population für die nächste Iteration
Zusammenstellung der freien, freigezogenen und neu gebauten Flächeneinheiten

Schleife der umziehenden Nutzer

Schleife aller Gebäude

- **Schreibe Zufallszahl**

Schleife aller Gebäude: Wähle die zehn mit der höchsten Zufallszahl aus

Schleife der zehn vorgelegten Gebäude

- **Bestimme die Wahrscheinlichkeiten zur Auswahl**
- **Addiere die Wahrscheinlichkeiten bis Zufallszahl erreicht**

Schleife der zehn vorgelegten Gebäude: Selektiere gewähltes Gebäude

Schleife aller Gebäude

- **Entferne das gewählte Gebäude aus der verfügbaren Auswahl**

Schleife aller Gebäude: Schreibe neues Verfügbarkeitssample

Lösche Zwischenergebnisse

15.4.6 Bewertung und methodischer Ausblick

Die Simulation ist ein relativ aufwändiges Verfahren, welches jedoch den zentralen Vorteil bietet, dass die dynamische Längsschnittmodellierung und die gebäudespezifische Querschnittmodellierung in ein Modell integriert werden. Somit sind beispielsweise Aussagen über die individuelle Leerstandswahrscheinlichkeit der Zukunft möglich, welche aus dem hedonischen Ansatz mit aktuellen Daten nicht seriös abgeleitet werden können. Leider gilt dies nicht für die Preise.

Die Gleichungen der Umzugs- und Zuzugswahrscheinlichkeit erreichen aufgrund des binär-logistischen Regressionsansatzes meist ein eher geringes Erklärungsniveau (bei deutlichen Unterschieden nach Branchen). Angesichts der Vielzahl an nicht bekannten Einflüssen auf das Umzugsgeschehen und Standortwahlverhalten war dies aber zu erwarten und muss in der Simulation mit entsprechend hohen Zufallskomponenten berücksichtigt werden.

Der entscheidende Nachteil der Simulation liegt im Aufwand. Das Problem ist nicht so sehr die Bestimmung der Geovariablen und die Schätzung der ökonometrischen Gleichungen (so ein entsprechendes Umzugsdatensample vorliegt), sondern die korrekte Bestimmung der Startpopulation sowie der exogen vorgegebenen Neubau- und Zuzugsdatensamples. Hier musste die vorliegende eher methodisch ausgerichtete Arbeit gewisse Abstriche bei der manuellen Nachbearbeitung machen.

Der große Vorteil der Simulation wiederum liegt in der Tatsache, dass im Falle guter vorhandener Eingangsdaten mit verhältnismäßig geringem Aufwand unterschiedlichste Szenarien durchgespielt werden können. Hierfür genügt eine testweise Modifikation der Einflussparameter der Gleichungen oder des Bauflächenangebot des. Als Hilfsmittel zur Beantwortung von „Was-passier-wenn“-Fragen in Stadtplanung und Immobilienresearch ist die Simulation deshalb sehr wohl eine geeignete Methode.

Die nur beispielhafte Anwendung der Simulationsmethode im Rahmen dieser Überblickarbeit über Geomodellierung impliziert, dass zahlreiche methodische Aspekte noch nicht berücksichtigt sind. Hieraus ergibt sich eine Fülle von Erweiterungsmöglichkeiten und zukünftigem Forschungsbedarf:

- Wünschenswert ist die Integration der Basissimulation in ein Geographisches Informationssystem, so dass in jeder Runde die Geovariablen neu abgefragt werden und somit beispielsweise Herdentriebverhalten simuliert werden kann (Erweiterung in Kapitel 10.3.3).
- In Zukunft wäre es sinnvoll, bei Büroflächenbegehungen den Datenbedarf vorn Büromarktsimulationen zu berücksichtigen, damit die Zahl der verschiedenen zusammen zu führenden Quellen reduziert werden kann. Insbesondere gilt dies für die Nutzerkartierung und die Flächenaufteilung, so dass die erste Erweiterung der Basisversion in Kapitel 10.3.2 (Einführung der belegten Fläche pro Nutzer) umsetzbar wäre.
- Da im Rahmen der nächsten Volkszählung vermutlich eine Arbeitsstätten- und Gebäudezählung stattfindet, wäre es sinnvoll, Erweiterungen der Büromarktsimulation auf diese Daten abzustimmen.
- Die aktuelle Mikrosimulation integriert keine Preise. Hier ist zukünftiger Forschungsbedarf notwendig, wie beispielsweise aus Simulationen auf individuelle Preisniveaus geschlossen werden kann (eine Art hedonische Preisanalyse der Zukunft).

- Mit dem vorliegenden Simulationsaufbau können keine Angebotengpässe simuliert werden, da Abwanderungen ein autonom modelliertes Ereignis sind. Hier wäre eine Marktkoppelung des Themas Abwanderungen wünschenswert. (knappes Angebot erhöht Wahrscheinlichkeit zur Abwanderung).
- Prinzipiell wäre eine Internalisierung des Neubaugeschehens in das Modell wünschenswert. Hierbei ist aber zweifelhaft, ob sich die stark planerisch beeinflussten Einflussfaktoren der Projektentwicklung tatsächlich signifikant ökonometrisch beschreiben lassen.

16 Modellergebnisse für Stuttgart

Das folgende Kapitel fasst die konkreten Ergebnisse der Modelle für den Büroflächenmarkt Stuttgart zusammen. Dabei wird im Gegensatz zu den vorangegangenen Kapiteln nicht nach Modellen untergliedert, sondern nach Anwendungsfällen der Modelle. Das Kapitel ist bewusst auf die schnelle, verständliche und überblicksartige Lektüre angelegt. Aus diesem Grund sind inhaltliche Wiederholungen der vorherigen Kapitel nicht ganz zu vermeiden. Für alle Aspekte der methodischen Vorgehensweise, für die Koeffizienten, Signifikanzen und Bestimmtheitsmaße der den Modellen zugrunde liegenden Schätzgleichungen sowie für die methodische Diskussion sei jedoch auf das vorangegangene Kapitel 15 verwiesen.

16.1 Szenariospezifische Makroprognose

16.1.1 Büromietmarkt

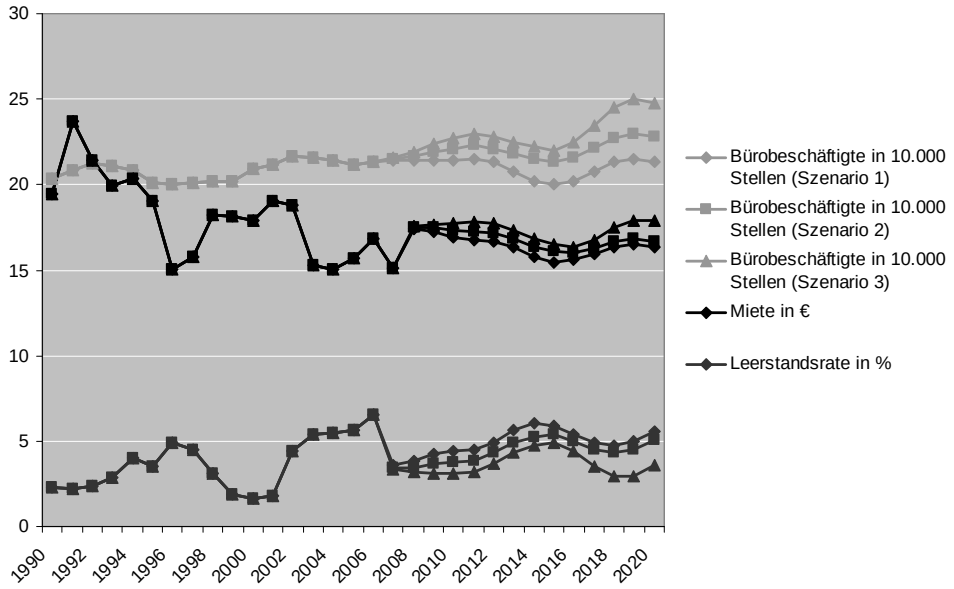
Die folgende Makroprognose arbeitet mit dem in Kapitel 10.1 beschriebenen und in Kapitel 15.1 geschätzten Längsschnitt-Mehrgleichungsmodell, welches den Kreislaufzusammenhang aus Miete -> Inanspruchnahme -> Leerstand -> Miete und Miete -> Neubau -> Bestand -> Miete modelliert. Verwendet wird Modell 1 aus Tab. 15-1, bei Modell 2 ergeben sich allerdings sehr ähnliche Werte (was somit zu einer zusätzlichen Plausibilitätskontrolle führt).

Der zentrale exogene Einflussparameter des Modells ist die Entwicklung der Bürobeschäftigung. Hierüber sind verlässliche Prognosen kaum möglich, so dass mit Szenarien gearbeitet werden muss.

Dabei wurde anhand verschiedener Quellen der Beschäftigtenprognose in Kapitel 13.2.3 vorgeschlagen, mit drei Szenarien zu rechnen. Zu besseren Vergleichbarkeit der Szenarien werden gleiche Zyklenlängen angenommen: Zwar waren die letzten beiden Arbeitsmarktzyklen von einem Hochpunkt zum nächsten elf Jahre lang, doch ab 2003 dauerte der Abschwung eher kurz. Aus diesem Grund werden die beiden folgenden Zyklen testweise auf acht Jahre gesetzt, mit Hochpunkten 2011 und 2019. Zieljahr der Modellrechnung ist 2020. Dabei werden folgende Werte festgelegt:

- Das Status-quo-Szenario (1) arbeitet mit der Annahme, dass die Bürobeschäftigung nicht mehr steigt und zwischen 215.000 (Maximum) und 200.000 (Minimum) hin und her pendelt.
- Das mittlere Szenario (2) legt den Zielwert der Bürobeschäftigung im Jahr 2019 auf 230.000 fest.
- Das Wachstumsszenario (3) nimmt an, dass die Bürobeschäftigung wie in den 80er Jahren um ca. 20.000 Beschäftigte pro Zyklus steigt. Der Zielwert der Beschäftigung im Jahr 2019 liegt bei 250.000.

Abb. 16-1: Modellrechnung Miete und Leerstandsrate für das Status-Quo-Szenario 1 (Symbol Raute), das Trendszenario 2 (Symbol Quadrat) und das Wachstumsszenario 3 (Symbol Dreieck)



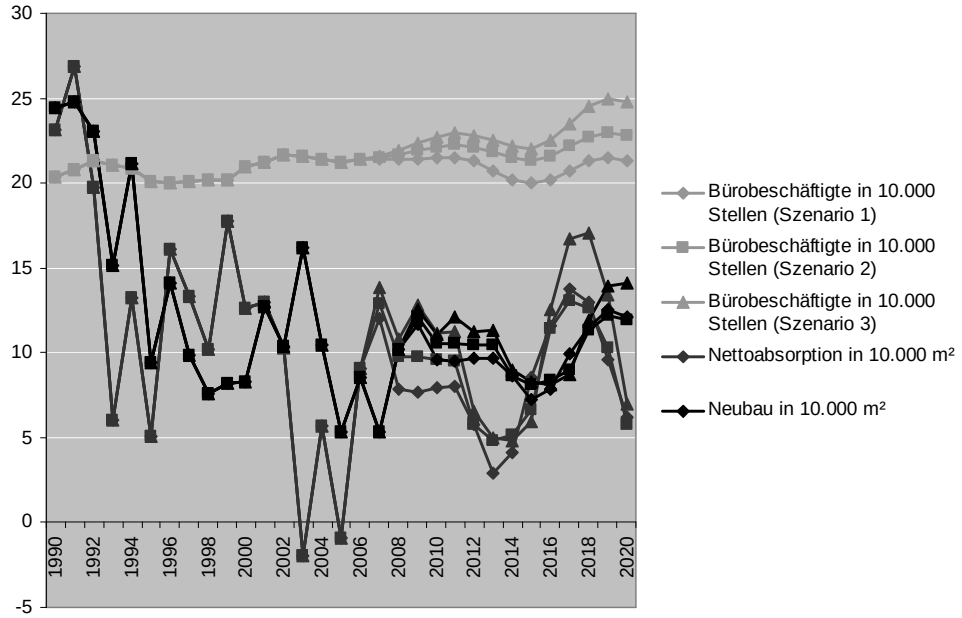
Grundsätzlich bilden sich die durch die Beschäftigung vorgegebenen Zyklen (jeweils hellgraue Kurven) auch bei den beiden Marktausgleichsparametern Miete und Leerstand ab. Das Modell tendiert jedoch zu einer leichten Nivellierung der Zyklen. Dies erscheint vor dem Hintergrund nicht bekannter und betrachteter Sonderentwicklungen der Vergangenheit auch sinnvoll. Der Stuttgarter Markt entwickelt sich im Gegensatz zum in Kapitel 15.1 vergleichsweise betrachteten Frankfurter Markt nicht in Richtung eines steigenden Sockelleerstandes. Ob diese Aussage so haltbar ist, mag angezweifelt werden. Denn die Abnahme von eigengenutztem Büroraum und der Anstieg des spekulativen Büroneubaus dürften auch in Stuttgart weitergehen. Vorteil dieser Entwicklung aus städtischer Sicht ist das ständige Vorhandensein eines Flächenangebots für zuzugswillige Firmen. Dies wird mit einem Anstieg der Leerstandsrate erkauft. Für Entwickler und Investoren dürften sich Chancen ergeben, die aber in ihrem flächenmäßigen Gesamtumfang begrenzt sind.

Planungsfachlich ist ein Anstieg der Leerstände ambivalent zu beurteilen. Steigende Leerstände eröffnen in gewissem Rahmen die Möglichkeit zur Raumaneignung durch weniger zahlungskräftige Nutzungen. Dem gegenüber steht der weiterhin wachsende Flächenverbrauch sowie bei exzessiven Leerständen die Entwertung von Vermögen und die städtebaulichen Nachteile der geclusterten Mindernutzung.

16.1.2 Baulandmarkt

Aus planerischer Sicht interessant ist der im Modell prognostizierte Neubau – denn er bestimmt die Größenordnung auszuweisender Flächen. Nettoabsorption und Neubau sind grundsätzlich volatiler als die beiden vorgenannten Größen – auch hier tendiert das Modell aber zu einer Nivellierung.

Abb. 16-2: Modellrechnung Nettoabsorption und Neubau für das Status-Quo-Szenario 1 (Symbol Raute), das Trendszenario 2 (Symbol Quadrat) und das Wachstumsszenario 3 (Symbol Dreieck)



Entscheidendes Ergebnis des Modells ist die Tatsache, dass die Werte zwischen den einzelnen Szenarien nur geringfügig differieren. Grund hierfür ist die im Methodenteil bereits genannte relativ geringe Abhängigkeit der erklärten Variablen von den Zyklen. Gerade beim Neubau rechnet das Modell mit einem relativ stabilen Basiswert. Dieser ist u.a. notwendig, um den Ersatzbedarf zu befriedigen (Neubau bezeichnet den tatsächlichen genehmigten Neubau und nicht den Reinzugang = Neubau minus Abriss).

Je nach Szenario ergibt sich für die 14 Jahre 2007 bis 2020 ein Büroflächenneubau von 1,35 Mio. m² BGF (Status-Quo-Szenario), von 1,39 Mio. m² BGF (Trendszenario) bzw. von 1,48 Mio. m² BGF (Wachstumsszenario). Zum Vergleich: Im gleich langen Zeitraum von 1993 – 2006 mit zwei Schwäche- und einer Wachstumsphase wurden 1,49 Mio. m² GF Büroflächen gebaut. Im Zeitraum von 1990 – 2003 mit zwei Wachstumsphasen ergeben sich 2,05 Mio. m² GF.

Interpretiert man die Konstante der Neubaugleichung (58.000 m² GF pro Jahr) als zyklenunabhängigen Ersatzbedarf, der im Bestand verwirklicht wird, so ergibt sich bis 2020 der Wert von 0,81 Mio. m² GF Ersatzbau im Bestand.

Es verbleiben als prognostizierter Neubau auf neuen (!) Flächen im Status-Quo-Szenario 0,54 Mio. m² GF, im Trendszenario 0,58 Mio. m² GF und im Wachstumsszenario 0,67 Mio. m² GF.

Angesichts des Trends des Modells zur Nivellierung von extremen Marktsituationen, wie sie durch die Szenarioannahmen 1 und 3 wohl auftreten dürften, muss allerdings davon ausgegangen werden, dass die Werte – sollten 2020 tatsächlich der Fall von 215.000 oder 50.000 Bürobeschäftigte eintreten – niedriger bzw. höher liegen dürften.

16.1.3 Vergleich von Bauflächenangebot und prognostizierter Nachfrage

Das bürogeeignete Bauflächenangebot wurde in Kapitel 13.1.2 näher untersucht. Dabei wurden für die Flächen aus dem *Nachhaltigen Bauflächenmanagement* NBS der Stadt Stuttgart anhand existierender Planungen, grober Nutzungsvorstellungen der Stadt und plausibler Annahmen mögliche Geschossflächen für Büronutzungen hochgerechnet. Plan 3 in Kapitel 13.1.2 kartiert die Flächen und ordnet sie gleichzeitig verschiedenen Verwirklichungshorizonten zu.

Das Ergebnis der Baulandangebotsseite ergab eine mögliche GF von 2,11 Mio. m², 0,62 Mio. m² davon im längerfristigen (und damit im grundsätzlich unsicheren) Bereich.

Ein einfacher Vergleich von Angebot und prognostizierter Nachfrage zeigt, dass selbst eine Realisierung der Ersatzbedarfsflächen auf dem Baulandangebot möglich wäre.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Stadt Stuttgart aufgrund der Sondersituation der freiwerdenden Bahnflächen momentan über große Flächenreserven verfügt, die in dieser Form wohl nicht so schnell wieder hinzukommen. Gleichzeitig wurde in Kapitel 15.4 die signifikante Bedeutung von Clustereffekten und Herdentriebsverhalten für Bürobetriebe nachgewiesen. Dies spricht dafür, eine sequentielle, aber dichte Entwicklung der Flächen anzustreben und somit auch im Jahr 2020 immer noch über größere zusammenhängende Flächenreserven zu verfügen. Das planerische Ziel der Mischnutzung bleibt natürlich Leitbild bei allen Entwicklungen von Büroarealen. Vergleichsweise niedriger Büroflächenbedarf sollte jedoch nicht dazu führen, Bürocluster so abzuspecken, dass sie keine Cluster mehr sind. Eine Konzentration der (großflächigen) Büroentwicklung auf wenige Brennpunkte (z.B. Pragsattel, Bahnflächen) erscheint sinnvoller. Dies gilt sicherlich nicht für kleinteilige Büronutzungen, die sich gut in Wohnquartiere integrieren lassen.

Dabei ist grundsätzlich die Frage nach der Segmentierung des Marktes zu stellen. Das Stuttgarter Flächenangebot befindet sich momentan massiert in relativ wenigen Stadtbezirken und auf relativ großen Flächen, die zudem teilweise eher isoliert oder in der Nähe zu Produktionsstandorten liegen. Für großflächige Büronutzer ist somit kein Engpass zu befürchten. Klassische kleinteilige Bürostandorte wie die Stadtbezirke West und Ost haben – bedingt durch die Tallage der Stadt – wenig Erweiterungsmöglichkeit. Da sich kleinteilige Standorte mit entsprechendem Image schwer neu schaffen lassen, sollten die entsprechenden Nutzergruppen an vergleichsweise integrierten Standorten (z.B. am Nordbahnhof, am Südrand des Bosch-Geländes) besonders berücksichtigt werden. Eine Möglichkeit besteht auch darin, ehemals teilweise industriell genutzte Flächen sehr bestandsorientiert zu entwickeln, wobei ein sich in der Phase der Übergangsnutzungen bildendes „Kreativimage“ gezielt für die Nachverdichtung mit kleinteiligen Büronutzungen genutzt wird. Bürocluster können mit einem Ankernutzer entstehen, sie müssen es aber nicht.

Ein detaillierterer Einstieg in die Aspekte der räumlichen und qualitativen Segmentierung von Büromärkten ist mit dem dargestellten Gesamtmarktmodell nicht möglich. Im Folgenden werden deshalb zwei Querschnittmodelle angewandt, welche anhand aktueller Daten Preise und Leerstandswahrscheinlichkeiten für individuelle Immobilien schätzen. Sie mögen gerade bei stabilen Märkten einen gewissen Anhaltspunkt auch über die räumliche Aufteilung des Marktes in den nächsten Jahren geben. Durch die ökonometrische Bestimmung von Einflussfaktoren auf Preise und Leerstandswahrscheinlichkeiten können zudem „Fortschreibungen“ oder Szenarien

für die Entwicklung der einzelnen Einflussfaktoren vorgenommen werden und so Rückschlüsse über die Entwicklung der Marktausgleichsgrößen in Zukunft gezogen werden.

16.2 Gesamtstädtische Ergebnisse der Mikromodelle

16.2.1 Hochrechnung von Preisen für den ganzen Stuttgarter Markt (Anwendungsfeld Wertermittlung)

Für die Schätzung eines Preisniveaus von Einzelimmobilien stehen grundsätzlich die verschiedenen Wertermittlungsverfahren Sachwertanalyse, Ertragswertanalyse und Vergleichswertanalyse gemäß Wertermittlungsverordnung zur Verfügung. Da die Vergleichswertanalyse vor dem Problem steht, dass heterogene Güter schwer direkt miteinander verglichen werden können und die Wertermittlungsverordnung in § 10 Umrechungskoeffizienten für die „Abweichungen bestimmter wertbeeinflussender (sic!) Merkmale“ fordert, hat sich das Verfahren der hedonischen Preisanalyse herausgebildet, welches die Immobilie gedanklich in verschiedene Nutzenbereiche „zerlegt“ (verschiedene Ausstattungsfaktoren, verschiedene Lage- und Umfeldfaktoren) und für diese nach signifikanten Werteinflüssen sucht (zur Methodik vgl. Kapitel 9.1). Multipliziert mit den entsprechenden Koeffizienten erklären die Wert beeinflussenden Faktoren möglichst genau die Preise des Schätzdatensamples. Die Formel kann dann zur Hochrechnung für Gebäude verwendet werden, bei denen zwar die Einflussfaktoren, nicht jedoch der Preis bekannt sind.

Der Vorteil ist die Zuordnung von Preiseinflüssen zu verschiedenen Einflussfaktoren. Sind bspw. einige Bürogebäude am Stadtrand teurer als im Zentrum, so kann das teilweise an der verkehrsgünstigen Lage und teilweise am moderneren Gebäudebestand liegen. Die im Regelfall in der hedonischen Preisanalyse angewandte lineare Regression teilt die Varianz beiden Faktoren im entsprechenden Anteil zu.
Bedingt durch die Vielzahl an unterschiedlichen Datenquellen über Büromietpreise und die verschiedenen zur Verfügung stehenden Gleichungen zur stadtweiten Schätzung von Preisniveaus sollen zunächst einige wesentliche Ergebnisse der in Kapitel 15.2 geschätzten hedonischen Preismodelle über die Einflussfaktoren von Büromietpreisen in Stuttgart festgehalten werden:

- Analog zur stadtökonomischen Theorie gibt es ein Mietpreisgefälle vom Zentrum an die Peripherie, wobei Subzentren um die S-Bahnhöfe und Einzelhandelscluster wieder höher bewertet werden. In unterschiedlichen Gleichungen zeigen unterschiedliche Maßzahlen für Zentralität signifikante Einflüsse.

- Neue Bürogebäude werden höher bewertet als alte Bürogebäude. Die Ergebnisse für alte, aber renovierte Bürogebäude sind uneinheitlich. Abschläge für die oft als unpopulär bezeichneten Bauepochen in den sechziger und siebziger Jahren lassen sich in einzelnen Gleichungen finden, sie sind aber sporadisch – mal nur sechziger Jahre, mal nur siebziger Jahre. Für eine genaue Analyse dieser Fragestellung unter Berücksichtigung von Grundrisstypologie und Renovierungsgrad reichen die vorhandenen Daten nicht aus.

- Der technologie- und dienstleistungsorientierte Süden (Vaihingen, Möhringen, Plieningen) weist ein höheres Preisniveau auf als der industrielle Norden und Osten (Feuerbach, Zuffenhausen, Ober-/ Untertürkheim etc.).

- Mehrheitlich positiv signifikant sind auch Cluster anderer Unternehmen im unmittelbaren Umfeld sowie positive Zuzugssalden (Umfeld = 200 m Umkreis).

- Als nicht gesichert gelten können Aussagen zur Auswirkung von Leerstand im Umfeld auf das Preisniveau.

- Anders sieht es bei Größe und Dichte aus: Die Mehrzahl der Gleichungen lässt den Schluss zu, dass für große Mietflächen / Immobilien / Gebäudegrundflächen Zuschläge zu berechnen sind – ebenso wie für geringe Dichte im Umfeld. Die Höhe der Gebäude hat in keiner der Gleichungen einen Einfluss – dies mag ein Stuttgart-typisches Ergebnis sein und in Frankfurt anders lauten.

Mit den Regressionsfunktionen können über das GIS für alle Stuttgarter Bürogebäude Schätzwerte ausgerechnet werden und in entsprechender Kartendarstellung ausgegeben werden. Da im Rahmen der vorliegenden Arbeit primär der Markt für gemietete Büroflächen untersucht werden soll, wird als Einflussgröße der Standortwahl der Mietpreis ausgewählt. Für die stadtweite Hochrechnung kommt nur eine Gleichung aus Kapitel 15.2 in Frage, welche ausschließlich aus Variablen besteht, welche in den Gebäudefachdaten (GFD) vorhanden sind oder analog zu den externen Quellen (Investment Property Datanbank IPD, Gutachterausschuss, IHK) rekonstruiert werden können. Aus diesem Grund fällt die Entscheidung auf die zweite gebäudespezifische Mietpreisgleichung der IPD (vgl. Tab. 15-5, Modell 2). Demnach wird die Miete $\hat{y}$ geschätzt durch:

(Gl. 16-1)

$$\hat{y} = -230{,}916 + (0{,}122 * MAXJAHR) + (2{,}407 * MAXJ2000) + (0{,}000021 * HM2_HAND) + (11{,}545 * ZUUF_PZT)$$

Mit MAXJAHR = Maximum aus letztem Umbaujahr und Neubaujahr (Jahreszahl)
MAXJ2000 = Dummyvariable (1 wenn MAXJAHR>1999, sonst 0)
HM2_HAND = Einzelhandelsflächen in 200 m Umkreis
ZUUF_PZT = Veränderung des Unternehmensbestandes im Umkreis 2000-2004 in %

Die Gleichung hat den Vorteil, dass sie relativ übersichtlich ist, so dass an ihr eine visuelle Analyse anhand der Kartendarstellung leichter fällt. Allerdings wird die Hochrechnung beschränkt auf Gebäude mit Baujahr oder Umbaujahr ab 1945, da die IPD keine Gebäude mit einem ökonomischen Baujahr vor dieser Zeit enthält und die Hochrechnung bei Gleichsetzung von ökonomischem Baujahr (IPD) und letztem Umbau (GFD) außerhalb des genannten Zeitraums unsinnige Schätzwerte ergibt.

Plan 4 zeigt die Ergebnisse der Hochrechnung. Dabei lassen sich die meisten der oben angeführten Ergebnisse aus den Gleichungen auch im Plan nachvollziehen. Interessant ist, dass bedingt durch den hohen Einfluss des Baujahres große Bauprojekte in peripheren Clustern quasi auf Niveau der Innenstadt liegen (Bsp. Neubauprojekte entlang der Bahn in Vaihingen). Damit zeigt Stuttgart – wohl aufgrund seiner engen Tallage – ein Verhalten, welches auch für kleinere Städte typisch ist (für Braunschweig vgl. bspw. DOBBERSTEIN 2004). Interessant ist auch die preisliche Zweiteilung des Gewerbegebietes Weilimdorf in den durch Neubau geprägten westlichen Teil und das in Aufwertung befindliche Gewerbegebiet im Osten.

Relativ niedrige Werte ergeben sich bspw. für die Gewerbegebiete Wallgraben (Grenzen Vaihingen / Möhringen) und Fasanenhof Ost (Möhringen Südost). Hier sind im Rahmen der geplanten Aufwertung umfangreiche Büroneubauten planerisch möglich. Sollte sie realisiert werden, steigen die Werte sowohl im Modell als auch in der Realität.

Auch an dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass das hedonische Preismodell statischer Natur ist. Es modelliert verschiedene Einflüsse zu einem Zeitpunkt, aber nicht in der Zukunft. Fallen die Preise auf dem gesamten Stuttgarter Markt um 10 %, so ist davon auszugehen, dass auch die Preise für das konkrete Gebäude in besonders guter / schlechter Lage fallen werden. Dennoch ist die Entwicklung nach räumlichen und qualitativen Marktsegmenten in verschiedenen Phasen von Immobilienzyklen unterschiedlich (vgl. SLADE 2000). Hierzu können mit dem vorliegenden Datenmaterial jedoch keine Aussagen getroffen werden.

16.2.2 Leerstandswahrscheinlichkeiten (Anwendungsfeld stadtplanerische Risikoanalyse)

In das im Folgenden geschätzte Modell zur Bestimmung der Leerstandswahrscheinlichkeiten übernimmt das Konzept der hedonischen Preisanalyse, tauscht die erklärte Variable „Preis" jedoch gegen eine binäre Variable, welche in Gebäuden ohne Leerstand den Wert Null annimmt und in Gebäuden mit Leerstand (unabhängig von dessen prozentualem Anteil) den Wert Eins. Es wird sodann eine binärlogistische Regressionsgleichung nach dem Maximum-Likelihood-Verfahren geschätzt (vgl. Kapitel 15.3). Wendet man auf die Ergebnisse der Regressionsgleichung eine Logit-Transformation an, so können die resultierenden Werte als Wahrscheinlichkeiten (Wahrscheinlichkeit, dass sich in einem Gebäude Leerstand befindet) interpretiert werden.

Plan 5 zeigt die geschätzten Wahrscheinlichkeiten für die Datensätze des Eingangssamples. Es besteht aus 824 Büroobjekten, die in Begehung und Gebäudefachdaten identisch auftauchen und ein repräsentatives Bild des Stuttgarter Büroflächenmarktes abgeben. Sie decken ca. ein Viertel des gesamten Bürobestandes der Stadt ab.

Dabei zeigen sich höhere Leerstandswahrscheinlichkeiten insbesondere in den Büroclustern außerhalb der Innenstadt, z.B. in Weilimdorf und im Bereich Heilbronner Straße. Die Innenstadt befindet sich im Wesentlichen auf einem mittleren Niveau, der industriell geprägte Osten sowie die verstreuten Einzellagen weisen die niedrigsten Quoten auf. Letzteres wird zusätzlich verstärkt durch die Tatsache, dass sich sowohl die Nähe zum Zentrum als auch die Nähe zur (südlich und westlich die Stadt tangierenden) Autobahn leerstandsfördernd auswirkt.

Dies verblüfft. Die Erklärung hierfür könnte sein, dass im industriellen Neckartal sowie in den Nebenlagen nahezu nur Bürogebäude von Eigennutzern stehen. In diesen ist die Leerstandswahrscheinlichkeit natürlich sehr gering. Das heißt auch, dass sich bessere Ergebnisse einer Schätzung dieses Modells ergäben, wenn es auf spekulativ errichtete Bürogebäude hin gefiltert werden könnte. Das Kriterium „Eigennutzer" / „spekulativ errichtet" ist jedoch momentan in keinem Datensample erfasst. Verbessern wird sich die Situation, wenn die Investment Property Databank (welche keine eigengenutzten Bürogebäude enthält) in Zukunft wie im Abfragedialog bereits vorgesehen auch Leerstände dokumentiert. Diese Problematik zeigt einmal mehr, dass ein geringer Erklärungsgehalt des Modells nicht sofort der Methodik angelastet werden sollte, sondern vielfach die Datenlage bestimmt, was zur Erklärung in Modellen beitragen kann.

Für Stuttgart lässt sich festhalten: Insgesamt ist die Leerstandsrate der Stadt im deutschlandweiten Vergleich relativ gering, so dass hier – vorausgesetzt der spekulative Neubau nimmt im nächstem Immobilienzyklus nicht überhand – auch in speziellen Lagen nicht von großen Problemen auszugehen ist.

Plan 5 zeigt aber, wo Probleme auftauchen könnten, falls ein künftiges Marktungleichgewicht die Leerstandsrate in die Höhe treibt: Weilimdorf steht dabei an erster

Stelle derjenigen Bereiche, welche relativ zentrumsfern sind und bei niedrigen Preisen in Top-Lagen unter verstärkter Abwanderung leiden dürften. Außerdem gibt es an der Peripherie noch geringere Umnutzungsmöglichkeiten für Bürogebäude als in zentralen Lagen. Der Bereich Heilbronner Straße zeigt, dass neue Bürocluster ohne starke Anbindung an bestehende Strukturen zunächst stark leerstandsgefährdet sind. Ob dies für dieses spezielle Bürocluster auch in Zukunft noch gilt, ist angesichts der neuen Bauvorhaben entlang – bzw. im Rahmen von Stuttgart 21 auf – der Bahnlinie jedoch zu bezweifeln. Die Besiedelung der großen Bauflächen, die in den nächsten Jahren auf den Markt kommen, erfordert somit eine Strategie, um den Standortnachteil am Anfang auszugleichen. Hierzu kommen großflächige Ankernutzer, aber auch die Integration in ein mischgenutztes Umfeld mit Wohnen und Einzelhandel in Betracht. Letzterer wirkt sich wie beschrieben deutlich preissteigernd für Büros aus.

16.2.3 Simulationsdurchlauf auf der Makroebene (Anwendungsfeld Marktprognose)

Nachdem in den vorherigen Modellen entweder dynamische Entwicklungen auf der Gesamtstadtebene oder statische Eigenschaften auf der Gebäudeebene modelliert wurden, wird mit der Mikrosimulation nun eine Methode durchgeführt, welche dynamisch auf der Mikroebene (Büronutzer, Bürogebäude) arbeitet. Die Methode wurde in Kapitel 9.3 vorgestellt, die Schätzungen der Modellgleichungen befinden sich in Kapitel 15.4.

Vorab sei wiederholt, dass eine in die empirische Praxis umgesetzte Mikrosimulation ein äußerst aufwändiges Verfahren ist. Hieraus ergibt sich das Dilemma, dass eine vollständig durchgearbeitete Büromarktsimulation eigentlich eine eigene Arbeit darstellt. Auf der anderen Seite wäre eine Dissertation über Geomodellierung in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft am praktischen Beispiel unvollständig, wenn man nicht auf die Simulation einginge. Die folgenden Ausführungen sollten deshalb als exemplarische Umsetzung oder Prototyp verstanden werden – nicht als marktreife Analysesoftware. Dabei wurde auf manuell aufwändige Verfahren bei der Erstellung der Startpopulation verzichtet zugunsten einer lauffähigen Basisversion der Simulation und ersten Testergebnissen.

Diese werden hier vorgelegt. Bei der Interpretation aller Simulationsergebnisse muss berücksichtigt werden, dass bei jedem Durchlauf eine hohe Zufallskomponente enthalten ist. Insofern kann nur eine wiederholte Simulation unter gleichen Ausgangsbedingungen Aussagen über die Wahrscheinlichkeit verschiedener Endzustände erbringen. Auch dies ist selbstverständlich nur eine Schätzung. In diesem Kapitel werden zwanzig Simulationsdurchläufe und vierzehn Iterationen (2007 bis 2020) gerechnet. Die Zahl der parallelen Durchläufe ist ein Kompromiss zwischen den Anforderungen an die Auswertung einer Stichprobe und der Rechenzeit bzw. die Darstellbarkeit vieler Durchläufe im GIS.

Mikrosimulationen können im Wesentlichen für zwei Fragestellungen genutzt werden: Einerseits kann der Zustand bzw. die Eigenschaften eines einzelnen Akteurs prognostiziert werden, andererseits kann in einer Art virtueller Volkszählung der Zustand des Gesamtmarktes prognostiziert werden.

Auf der gesamtstädtischen Ebene werden als Demonstration des Simulationsprogramms zwei Szenarien – ein Leerzugsszenario zur Bestimmung von dynamischen Leerstandswahrscheinlichkeiten und ein Umzugsszenario zur Analyse der aggregierten Standortwahl gerechnet: Der Nutzen der Simulation auf der Ebene der individuellen Immobilien wird anschließend durch ein beispielhaftes Exposé mit Modellergebnissen demonstriert.

Szenario „Stagnation" mit Fortzügen ohne Zuzüge – Berechnung von dynamischen Leerstandswahrscheinlichkeiten

Bei diesem Szenario gibt es keinen Neubau und keinen Zuzug. Fort- und Umzüge werden aber erlaubt. Neubauflächen gibt es keine. Dieses Szenario führt innerhalb weniger Iterationen zu hohen Leerstandsquoten und kann somit die Wirkungen einer extremen Stagnation simulieren. Basierend auf den dynamischen Daten und einzelnen Umzugsvorgängen können fundierter als in Kapitel 16.2.2 Bewertungen über die Leerstandswahrscheinlichkeit einzelner Gebäude und Büroflächencluster getroffen werden.

Anhand der gerechneten 14 Iterationen und 20 Simulationsdurchläufe werden Leerstandswahrscheinlichkeiten für Gebäude im Jahr 2020 bestimmt.. Hierzu wird die zentrale Tabelle der Flächeneinheiten, welche das Simulationsprogramm ausgibt, auf Leerstände hin gefiltert. Bei nur 20 parallelen Simulationsdurchläufe liegen die Wahrscheinlichkeiten in Gebäuden mit einem Nutzer bei 5 % (Leerstand taucht in einem Simulationsdurchlauf auf), 10 % (Leerstand taucht in zwei Simulationsdurchläufen auf), 15 % etc. Befinden sich mehrere Nutzer in einem Gebäude, so wird gemittelt. Das Ergebnis der Berechnung zeigt somit die mittlere Leerstandswahrscheinlichkeit für alle Nutzer im entsprechenden Gebäude an.

Plan 6 zeigt die Ergebnisse. Sie ähneln teilweise den Ergebnissen der statischen Analyse der Leerstandswahrscheinlichkeiten (Karte 5) – wodurch sich eine Plausibilitätskontrolle der Ergebnisse ergibt. Wurde in der statischen Analyse noch eingewandt, dass sich die aktuelle Leerstandsverteilung nicht in die Zukunft projizieren lässt, so ist dieses Problem hier behoben. Dies betrifft insbesondere den Neubauleerstand (z.B. Bereich Heilbronner Straße), der in der Simulation des Umzugsgeschehens sehr wohl besiedelt wird.

Identisch zu Karte 5 ist das West-Ost-Gefälle der Leerstandswahrscheinlichkeit, was wohl mit der hohen Rate an Eigennutzern im Osten zusammenhängen dürfte. Es ist interessant, dass sich dieses Ergebnis auch in der Simulation mit ihrer kombinierten Abhängigkeit von Zuzug und Standortwahl ergibt.

Der zentrale Unterschied zwischen Karte 5 und Karte 6 besteht im Stadtzentrum und den umliegenden Vierteln. Stellte die statische Analyse in der City eine hohe Leerstandswahrscheinlichkeit fest, so dreht sich das Ergebnis in der Simulation genau um. Die Erklärung hierfür ist wohl die Tatsache, dass im statischen Fall nur das generelle Auftreten von Leerstand betrachtet wurde, in der Mikrosimulation hingegen alle gemittelten Leerstandswahrscheinlichkeiten aller Nutzer. Das hohe Leerstandsrisiko in den Cityrandbereichen stellt die zentrale Erkenntnis dieses Simulationsdurchlaufs dar. Offensichtlich verschiebt sich die Stuttgarter Büronachfrage deutlich an Peripherie. Das hohe Preisniveau der hedonischen Preisanalyse in den Clustern der Randbereiche passt hierzu.

Szenario „Nur Umzüge" ohne Fortzug, Zuzug und Flächenmobilisierung – Analyse der Standortwahl nach Branchen

Bei diesem reinen Umzugsszenario finden vereinfachend weder Fortzüge noch Zuzüge noch Neubau statt. Die Büroflächennutzer ziehen mit aus der Vergangenheit abgeleiteten Umzugsneigungen und Standortpräferenzen um. Mit diesem Simulationsdurchlauf kann die aggregierte Wirkung der internen Umzugsvorgänge und die Standortwahl nach Betriebstypen analysiert und in ihren zukünftigen Auswirkungen visualisiert werden.

Dabei werden ebenfalls 20 Simulationen und 14 Iterationen gerechnet. Aus jedem Simulationsdurchlauf werden anschließend diejenigen Büroeinheiten der Simulati-

on gewählt, in denen bis 2020 ein Nutzerwechsel stattfindet und die 2020 nicht leer stehen. Dabei werden die Zielorte nach den in Kapitel 15 gebildeten Nutzergruppenclustern analysiert. Plan 7 zeigt stellvertretend die Ergebnisse für die wichtigsten drei Gruppen. Grundsätzlich lassen sich die Ergebnisse wie folgt zusammenfassen:

- Nutzercluster 1 (Banken, größere Handelsbetriebe, Verkehrsdienstleistungen und größere unternehmensbezogene Dienstleistungen der WZ-Gruppe 74 sind sehr zentrumsorientiert, konzentrieren sich dort aber auf den schmalen Korridor von der Fußgängerzone über das westliche Bahnhofsumfeld bis zu den Stuttgart-21-Flächen. Eine wichtige Rolle spielen zudem diejenigen peripheren Cluster, die großflächige Nutzungen erlauben (Weilimdorf, STEP, Fasanenhof-Ost, Wallgraben)

- Nutzercluster 2 (kleinteilige Handelsfirmen in Bürogebäuden) wählt die klassischen Handelslagen (Fußgängerzone, Nebenzentren wie Feuerbach und Bad Cannstatt). Unregelmäßig über die Gewerbegebiete verteilte Nutzer dürften den Großhandel abbilden.

- Nutzercluster 3 (Kultur, Verwaltung, kleinteilige unternehmensbezogene Dienstleistungen) ist deutlich zentrumsorientierter als die Nutzer aus Cluster 1. Dort streuen sie aber stärker und wählen auch die angrenzenden Gründerzeitviertel als Standort. Von Bedeutung sind auch die Nebenzentren Bad Cannstatt, Feuerbach, Vaihingen und Zuffenhausen. Die Gewerbegebiete spielen quasi keine Rolle.

- Nutzercluster 4 (Büros von Produktionsunternehmen) wählt einerseits klassische Produktionsbereiche in Feuerbach oder Zuffenhausen, andererseits auch die City-Randlage in zwei parallelen Streifen zum Gleisvorfeld des Bahnhofs und zur Fußgängerzone. Hierbei dürften v.a. großflächige Bürobauten im Vordergrund stehen, die in dieser Großflächigkeit in der Fußgängerzone nicht möglich sind und sich aber dennoch in zentraler und prestigeträchtiger Lage befinden.

- Nutzercluster 5 (Soziales und Sonstige Betriebe) ist eine Mischung aus Cluster 1 und 3. Die Nutzer konzentrieren sich in der City und den Nebenzentren, streuen hier aber kaum in die benachbarten Viertel. Auch Gewerbegebiete und periphere Bürocluster spielen keine Rolle.

- Nutzercluster 6 (große unternehmensbezogene Dienstleistungen der WZ-Gruppen 70 bis 73) ähneln wie bereits in der Clusteranalysein Kapitel 0 ihren Kollegen aus Nutzercluster 1. Eine leichte Verschiebung ergibt sich, da weniger die nördlichen Innenstadtrandbereiche um den Bahnhof als vielmehr die (süd-)westlichen im Bereich Rotebühlplatz bis Feuersee gewählt werden. Hier ist die Stichprobe allerdings auch nicht besonders groß.

Die Beschreibung der Standortwahl nach Nutzerclustern erscheint insgesamt plausibel und deckt sich in etwa mit den Erwartungen, die sich aus der alltäglichen Erfahrung ableiten lassen. Die Simulation mit den empirisch ermittelten Gleichungen erscheint somit geeignet, tatsächlich das Umzugs- und Standortwahlverhalten abzubilden.

Ausblick auf weitere Anwendungsfragestellungen der Mikrosimulation

Angesichts der erfolgten Plausibilitätskontrolle der gesamtstädtischen Simulationsergebnisse ist eine Anwendung zu einer weiteren wichtigen Fragestellungen denkbar, die hier nicht mehr vertieft behandelt wird: Für Neubauflächen lässt sich mit Hilfe der Simulation der wahrscheinliche Zeithorizont der Besiedlung bestimmen – u.a. auch für verschiedene Planungsvarianten und verschiedene wirtschaftliche Rahmenszenarien.

Das folgende Kapitel verlässt nun den gesamtstädtisch-planerischen Blickwinkel und wendet sich an Akteure, die eine spezielle Immobilie im Blick haben.

16.3 Immobilienspezifische Ergebnisse der Mikromodelle (Anwendungsfeld Immobilienrating und planerische Flächenbewertung)

Die Schätzwerte ($\hat{y}$) aller in dieser Arbeit vorgestellten Modelle, insbesondere aber der Gleichungen der Mikrosimulation – können auch ohne Simulationsdurchlauf bereits die Attraktivität und die Marktposition einer einzelnen Immobilie bewerten. Dies verspricht Anwendungen im Immobilienrating sowie auf planerischer Seite in der Suche nach Clustern problematischer Entwicklungen.

Die Ergebnisse aller Gleichungen können dann gemeinsam in einer Art Bewertungsexposé dargestellt werden – ein Vergleich zwischen Immobilien wird so ermöglicht. Mögliche Anwender hierfür sind einerseits Bestandshalter, die ihre Flächen bewerten, andererseits aber auch die Stadtplanung, die für Neubauflächen vergleichsweise ihr Abschneiden in der Simulation untersuchen kann.

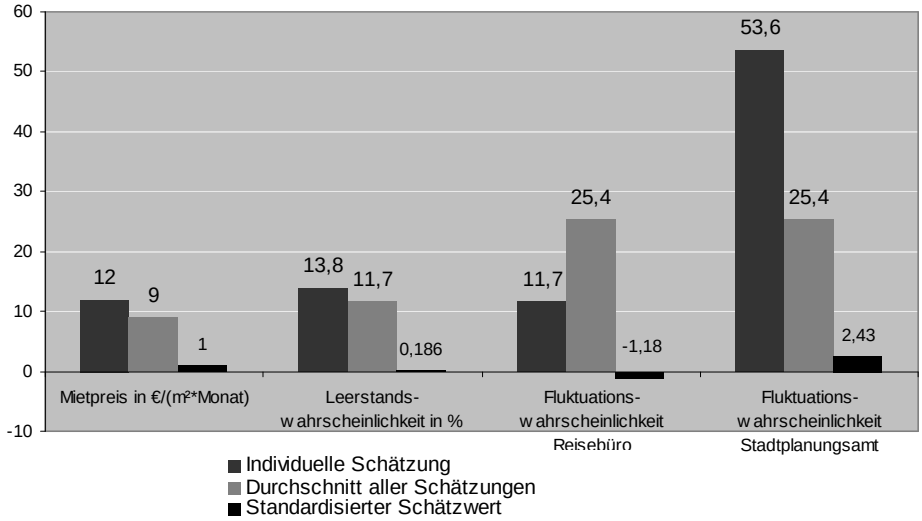
Als abschließendes Beispiel für eine Bewertung einer individuellen Immobilie anhand der Modellgleichungen und der Simulationsergebnisse wird hier das Technische Rathaus der Stadt Stuttgart in der Eberhardstraße 10 (vgl. Abb. 16-3) ausgewählt.

Abb. 16-3 (a) und (b): Technisches Rathaus der Stadt Stuttgart in der Eberhardstraße 10. Quelle: Microsoft Virtual Earth (http://maps.live.de/LiveSearch.LocalLive) und Eigene Darstellung auf Kartengrundlage des Stadtmessungsamtes

16.3.1 Preise und Leerstandswahrscheinlichkeiten

Zunächst werden mit Hilfe der Modelle aus Kapitel 15.2 und 15.3 geschätzte Preise und geschätzte Leerstandswahrscheinlichkeiten hochgerechnet. Als Vergleich wird jeweils der Durchschnitt der hochgerechneten Werte aller Stuttgarter Bürogebäude angegeben. Das geschätzte Ergebnis im Vergleich zu allen anderen Gebäuden wird zudem auf eine Verteilung mit Mittelwert Null und Standardabweichung Eins standardisiert. So ist auch ohne individuelle Referenzobjekte eine Vergleichseinschätzung möglich. Für das Technische Rathaus ergeben sich die Werte in Abb. 16-4.

Abb. 16-4: Schätzung von Preis, Leerstands- und Fortzugswahrscheinlichkeit für die Eberhardstraße 10



Für das Gebäude wird ein höherer Mietpreis als der Durchschnitt geschätzt – angesichts der Citylage ist dies nicht verwunderlich. Der Preis ist in seiner Aussagekraft jedoch insofern limitiert, da technische Ausstattungsmerkmale des Gebäudes nicht mitmodelliert sind. Insofern sind die Schätzwerte mit individuellem Wissen nochmals anzupassen. Grundsätzlich ist das Modell aber auch für Datenbasen von Investoren oder Maklern mit Feldern über Ausstattungsvariable geeignet.

Bei Gebäuden, die durch Eigentümer genutzt werden, ist die Fragestellung nach der Leerstandswahrscheinlichkeit eigentlich mehr oder weniger obsolet. Das Beispiel des Technischen Rathauses dient deshalb eher zu Demonstrationszwecken. Seine Leerstandswahrscheinlichkeit (Auftreten von Leerstand innerhalb von fünf Jahren) ist höher als der Durchschnitt – dabei ist zu berücksichtigen, dass auch hier nur Gebäude-, Standort- und Lagevariable berücksichtigt sind. Diese geben die Auskunft, dass Gebäude mit Baujahr 1909 in der Innenstadt eben eher leerstandsanfällig sind. In der Praxis liegt die Zusatzinformation vor, dass sich mit dem Technischen Rathaus ein wohl äußerst konstanter Nutzer in dem Gebäude befindet. Dies kann die Schätzung der Leerstandswahrscheinlichkeiten nur einschließen, wenn Nutzerdaten als erklärende Variable hinzugefügt werden. Da dies methodisch nicht ganz einfach ist (Berücksichtigung von Gebäuden mit mehreren und einem einzelnen Nutzer, Zuordnungsprobleme von Nutzern in Gebäude, vgl. Kapitel 15.4.1), ist die Fragestellung nach der Attraktivität für bestimmte Nutzer besser mit den Gleichungen der (komplizierteren) Mikrosimulation zu beantworten.

16.3.2 Umzugswahrscheinlichkeiten

Die Veränderungsgleichung der Mikrosimulation schätzt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Nutzer mit gegebenen Eigenschaften in einem Gebäude und an einem Standort mit gegebenen Eigenschaften innerhalb von fünf Jahren fort- oder umzieht. Am Standort Eberhardstraße 10 sind u.a. ein Reisebüro und die Stadtverwaltung selbst eingetragen. Beispielhaft wird der Wert für das Reisebüro (Branche VERK) sowie die Stadtverwaltung selbst angegeben (vgl. Abb. 16-4). Während der niedrige Wert für die Verkehrsbranche im Vergleich zur Gastronomie plausibel erscheint, ist der hohe Wert für die Stadtverwaltung völlig unsinnig. Problem hier bei ist die Tatsache, dass die Fluktuationsgleichung der Mikrosimulation Verwaltungen mit hohen Wahrscheinlichkeiten belegt – die Grundgesamtheit der Eingangsdaten ist sehr klein und bezieht sich nur auf öffentliche Unternehmen, die bei der IHK gemeldet sind. Hier ist in der Simulation eine manuelle Korrektur der Werte sinnvoll.

16.3.3 Zuzugswahrscheinlichkeiten

Die Zuzugsgleichungen der Mikrosimulation hingegen bewerten die Attraktivität eines Gebäudes für verschiedene Nutzergruppen. Für das Beispiel des Technischen Rathauses ergeben sich die Werte in Abb. 16-5 (die wiederum mit Mittelwert Null und Standardabweichung Eins standardisiert wurden, d.h. positive Werte signalisieren Attraktivität und negative Werte das Gegenteil). Dabei müssen sich die Werte nicht ausgleichen, d.h. ein Gebäude kann auch in allen Bereichen gut oder schlecht abschneiden. Zudem sind die Nutzergruppen unterschiedlich groß. Aus diesem Grund können die Zuzugswahrscheinlichkeiten auch aus Gebäudeperspektive so berechnet werden, dass sich für alle Gruppen in einem Gebäude die Wahrscheinlichkeit 1 ergibt. Damit sind keine Aussagen mehr zur globalen Attraktivität des Gebäudes mehr möglich, wohl aber zur Wahrscheinlichkeit, wer im Falle eines Leerstands zuziehen könnte (siehe Abb. 16-6). Die Ergebnisse im vorliegenden Fall deuten stark auf eine Eignung für soziale und sonstige Dienstleistungen hin. Dies ist im Wesentlichen der Tatsache geschuldet, dass diese Nutzer ältere Gebäude in zentraler Lage (Parameter Handelsflächen im Umfeld wählen).

Abb. 16-5: Attraktivität der Eberhardstraße 10 für den Zuzug verschiedener Nutzergruppen (aus Nutzerperspektive)

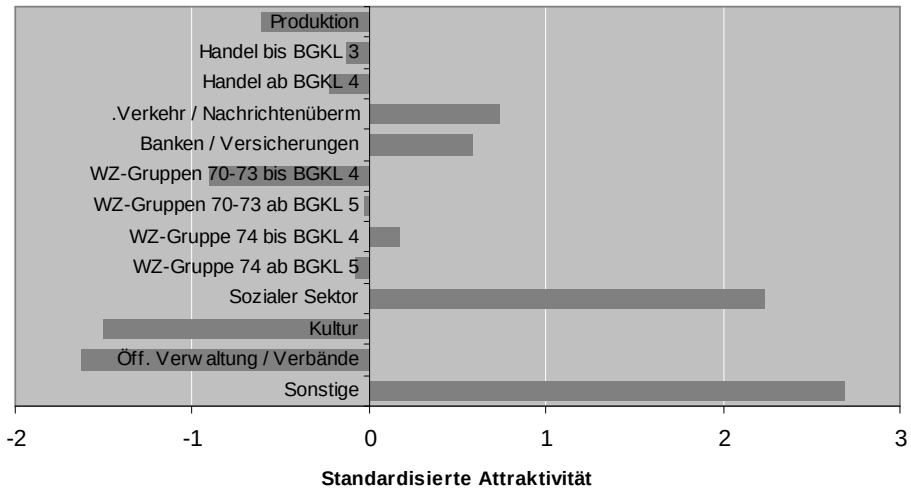
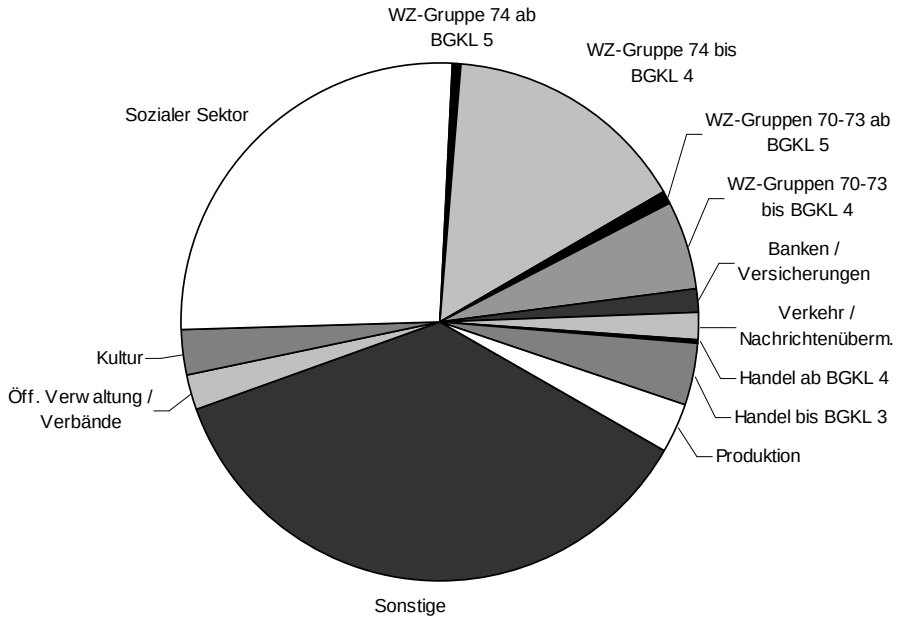


Abb. 16-6: Attraktivität der Eberhardstraße 10 für den Zuzug verschiedener Nutzergruppen (aus Gebäudeperspektive)



16.3.4 Ergebnisse durch die Simulationsdurchläufe

Der Durchlauf der Simulation verspricht eine zusätzliche Verbesserung der Ergebnisse, da die Wechselwirkungen mit den anderen Marktteilnehmern berücksichtigt sind und besonders in der erweiterten Version auch räumlich-zeitliche Interdependenzen – also z.B. Herdentriebeffekte – eingebaut werden können. Beides ist durch die eben angeführten statischen Maßzahlen nicht prognostizierbar.

Voraussetzung für diese Nutzung der bereits gezeigten gesamtstädtischen Simulationsergebnisse für die Mikroebene ist allerdings, dass die Eingangsdaten der speziellen im Fokus stehenden Immobilie und ihrer Nutzer korrekt in den Simulationsdurchlauf eingegeben werden sollten. Es darf sich also nicht um eine Immobilie mit unbekannten Nutzern oder aus Adressdaten geschätzten Nutzern (synthetische Population) handeln. Bei potenziellen Anwendern aus dem Bereich der Bestandshalter ist aber davon auszugehen, dass dieses Wissen vorhanden ist.

Die konkreten Ergebnisse können in ähnlicher Form dargestellt werden, wie es in den drei vorangegangenen Kapiteln geschah.

Teil E:
Abschließende Bewertung

17 Zusammenfassung und Gesamtfazit

17.1 Zusammenfassung des Teils „Geomodellierung in der Stadtentwicklung" (Teil B)

17.1.1 Definitionen und Themeneingrenzung

Modelle sind vereinfachte Abbildungen der Realität. Dabei wird der Begriff meist in mehrfacher Hinsicht verwendet:

- Als konkreter Gegenstand, Zeichnung oder digitale geometrische Rekonstruktion dient das Modell der maßstabsgetreu vergrößerten oder verkleinerten Abbildung von realen Objekten. Das klassische Beispiel ist das Architekturmodell. Die digitale geometrische Rekonstruktion von Städten wird im Englischen als *city model* und in dieser Arbeit als geometrisches Modell bezeichnet.

- Als formalisierte mathematische oder statistische Zusammenhänge beschreiben Modelle in den Naturwissenschaften, in den Sozialwissenschaften und in der Ökonomie quantitative Abhängigkeiten und Beziehungen innerhalb eines Systems. Diese aus der ökonomischen Analyse der räumlichen Verteilungsmuster von Grund und Boden stammende Modellierungstradition wird im Englischen als *urban modelling* und in dieser Arbeit als quantitative Modellierung bezeichnet.

Die dritte Art von Modellen, Eigenschaften oder Gegenstände mit Vorbildcharakter, bleiben in dieser Arbeit außen vor. Als Geomodellierung wird hier die Erstellung geometrischer und quantitativer Modelle mit Raumbezug bezeichnet. Diese Arbeit behandelt die Anwendung von Geomodellierung in den Disziplinen Stadtplanung und Immobilienwirtschaft. Dabei wird eingegrenzt auf digitale Modelle, die einen Raumbezug aufweisen und sich auf den für Stadtplanung und Immobilienwirtschaft relevanten Maßstabsebenen zwischen Gebäude und Gesamtstadt bewegen.

17.1.2 City Models

Die Basis für digitale geometrische Modelle bilden Vektor- und Rasterdaten, welche Gebäude, Straßen und andere räumliche Einheiten in einer Stadt beschreiben. Für die zweidimensionale Darstellung kann dabei v.a. auf Katasterdaten zurückgegriffen werden. In zahlreichen Städten sind inzwischen dreidimensionale Gelände- und Gebäudemodelle in Erstellung oder im Einsatz. Hierbei ist nach unterschiedlichen Detaillierungsgraden (*levels of detail* – LOD) zu unterscheiden. Für sich genommen erfüllt geometrische Modellierung meist folgende Zwecke:

- Die geometrischen Daten selbst gehen als Basis in eine räumlich-geometrische Analyse ein, bspw. bei Sichtbarkeitsanalysen, Einzugsbereichmodellierungen oder der Modellierung von Emissionen und Immissionen.

- Die geometrischen Daten bilden die Basis, mit der alphanumerische raumbezogene Daten visualisiert werden.

- Geometrische Rasterdaten werden für die Mustererkennung genutzt.

17.1.3 Urban Models

Modelle, die formalisiert quantitative räumliche Zusammenhänge beschreiben, werden unterschieden in Makro- und Mikromodelle, Querschnitt- und Längsschnittmodelle, statische und dynamische Modelle, Modelle mit deduktiv abgeleiteten und induktiv gesetzten Eingangsdaten sowie deterministische und stochastische Modelle. Sowohl Prognosen als auch Simulationen fallen als formalisierte Darstellungen zukünftiger möglicher Entwicklungen in die Gruppe der quantitativen Modelle. Klassische Beispiele räumlicher Modelltypen sind:

- Standortverteilungsmodelle, welche auf einer Makroebene das aggregierte Resultat der Standortwahl vieler einzelner Entscheider beschreiben. Ein klassisches Beispiel ist die Lagerente des Bodens nach V. THÜNEN (1826).
- Standortwahlmodelle, welche die Standortwahl des einzelnen Betriebes oder Haushalt beschreiben. Ein klassisches Beispiel ist die Standorttheorie des Industriebetriebs nach WEBER (1909).
- Interaktionsmodelle, welche Stromgrößen berechnen (z.B. Kaufkraftströme, Verkehr). Ein klassisches Beispiel ist das Gravitationsmodell.

Den umfassendsten Zweig quantitativer Modellierung auf Stadtebene bilden die so genannten *Large Scale Urban Models*, welche in den Sechziger und Siebziger Jahren zunächst in den USA, danach auch in Deutschland, entstanden (vgl. LOWRY 1964, FORRESTER 1969, RUPPERT / WÜRDEMANN 1979). Kritisiert wegen ihrer Schwerfälligkeit, welche nicht zum planungsmethodischen Wandel der Folgejahre von der Stadtentwicklungsplanung hin zum perspektivisch-inkrementellen Vorgehen passte, führten sie als Forschungszweig über Jahre hinweg ein Schattendasein. Dies wandelte sich jedoch durch die Fortschritte der Computertechnik sowie die Verbreitung von Geographischen Informationssystemen, so dass heute verschiedenste Ansätze der Mikrosimulation ganzer Städte vorliegen (vgl. z.B. WADDELL / ULFARSSON 2004).

17.1.4 Methoden und Werkzeuge der Geomodellierung

Eine wesentliche These der Arbeit besteht darin, dass trotz der unterschiedlichen Wissenschaftstraditionen der aus der Geodäsie stammenden geometrischen Modelle und der durch die Stadtökonomie geprägten quantitativen Modelle beide Bereiche inzwischen hochgradig verzahnt sind. Dabei können Messungen in Geometriedaten als Modellinput für die quantitative Analyse dienen, quantitative Parameter können den Zuschnitt geometrischer Modelle modifizieren oder beide Datentypen werden gemeinsam visualisiert. Für alle drei Vorgehensweisen stehen die folgenden gängigen Hilfsmittel zur Verfügung:

- Statistik bzw. Ökonometrie dient dazu, Wirkungsbeziehungen zu quantifizieren. Dabei können räumlich-geometrische Aspekte durch räumliche Dummy-Variable, die binäre Kodierung von Nachbarschaft, die stetige Messung von Entfernung, Fahrzeit oder Transportkosten sowie die Beschreibung von Erreichbarkeit quantifiziert werden. Es stehen zusätzlich räumliche Gewichtungsverfahren zur Verfügung. Der Nachweis der Signifikanz räumlicher Einflussgrößen gelingt über verschiedene statistische und geostatistische Testverfahren.
- Als Disziplinen übergreifend angewandte Modellierungsansätze für komplexe räumliche Modelle stehen die Systemdynamik, die Mikrosimulation, Cellular Automata und Multiagentensysteme zur Verfügung.

- Geographische Informationssysteme dienen nicht nur der gemeinsamen Speicherung von Geometrie-Attributdaten, die gängigen Softwarepakete beinhalten auch eine Vielzahl von Analysenfunktionen.

Bei der Analyse der Methoden zur Geomodellierung ist zu berücksichtigen, dass Geodaten zunehmend über das Internet bezogen und analysiert werden können (Web-GIS). Zudem erhöht sich der verfügbare Bestand an Geodaten durch nutzergenerierte Inhalte. Die umfassende Verfügbarkeit statischer Geodaten lenkt die Forschung zudem stärker in Richtung der Dynamisierung der Geomodelle. Im Falle diskreter Interaktionen gewinnt die dynamische Animation an Bedeutung. Mischformen von Realität und Virtualität ermöglichen neue Formen der Visualisierung von Modellinhalten.

17.1.5 Diskussion

Gerade in der Stadtplanung ist die Skepsis gegenüber quantitativer Modellierung und Prognose traditionell groß. Argumentiert wird dabei oft, dass die Szenariotechnik das geeignetere Mittel sei, verschiedene mögliche Entwicklungen in der Zukunft abzubilden – zumal Planung sich prinzipiell mehr mit den konzeptionellen Konsequenzen verschiedener Zukunftsszenarien beschäftigen sollte als mit der korrekten Prognose der Zukunftsszenarien selbst. Eine Ablehnung quantitativer Methoden sollte daraus jedoch nicht abgeleitet werden. Erstens sind die technischen Möglichkeiten heute umfassender als in den achtziger Jahren. Zweitens können quantitative Prognosen und Szenariotechnik kombiniert werden. Drittens wird Stadtentwicklung heute zunehmend von privaten Akteuren gestaltet, welche betriebswirtschaftlich rechnen und hierbei ein quantitativeres Verständnis von Prognose an den Tag legen als es die Planung der vergangenen Jahre tat.

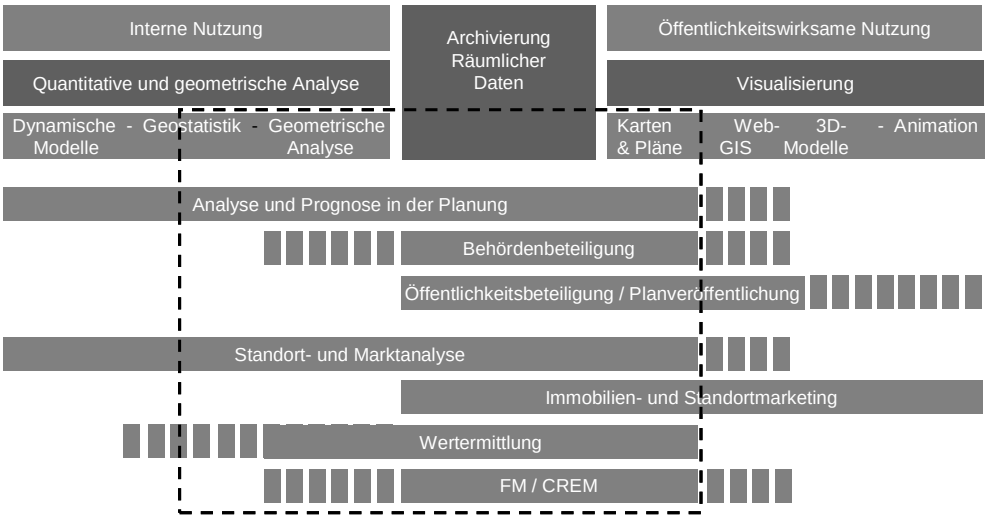
Daraus lässt sich die Frage ableiten, wie umfangreich „Stadt“ modelliert werden sollte. Die heutigen Ansätze der Stadtsimulation stehen vielfach stark in der Tradition der *Large Scale Urban Models* der siebziger Jahre. Dies erstaunt vor allem vor dem Hintergrund, dass der erforderliche Geodatenbestand zunehmend dezentral gehalten wird und Geographische Informationssysteme als wesentliches Werkzeug ebenfalls die ausschließlich am Bedarf orientierte Zusammenführung von Geodaten begünstigen. Die vorliegende Arbeit vertritt deshalb die Meinung, im Einzelfall zu entscheiden, ob ein bestehendes Gesamtmodell wie *UrbanSim* für spezifische Fragestellungen angewandt wird oder mit methodischem Input der Referenzmodelle ein vollständig neues kleineres Modell erstellt wird. Im vorliegenden Anwendungsfeld Büromarktmodell fällt die Entscheidung auf die Neuerstellung.

Die große Leistung Geographischer Informationssysteme besteht in der kombinierten Speicher- und Analysemöglichkeit geometrischer und attributiver Daten. Dies spricht dafür, sie auch als Modellierungsoberfläche zu verwenden. In der Praxis bestehen jedoch gewisse Hemmnisse: Einerseits sind zur quantitativen Modellierung umfangreiche statistische Auswertungen notwendig, die ein GIS nicht leistet und die in der Praxis zu ständigen Import- und Exportprozeduren führen. Andererseits sind für viele fachspezifische Modellierungen inzwischen eigene Programme entstanden. Schließlich erfordert die dynamische Modellierung in GIS nach wie vor die unter Stadtplanern und Ökonomen nicht selbstverständlich verbreiteten Programmierkenntnisse. Die aktuell zunehmende Verbreitung von Geodaten und GIS mit eingeschränktem Funktionsumfang (Google Earth) im Internet dürfte die inhaltliche Weiterentwicklung von Software für planungsfachliche (und nicht informationstechnische) Experten nicht unbedingt befördern.

Der Vergleich der Anforderungen und bestehenden Lösungen von Geomodellierung in den verschiedenen Anwendungsfeldern von Stadtplanung und Immobilien-

wirtschaft zeigt, dass große Unterschiede zwischen den einzelnen Feldern bestehen. Die Trennlinie verläuft dabei nicht zwischen Planung und Immobilienwirtschaft, sondern zwischen analytischen, berechnenden, intern angewandten Fragestellungen und öffentlichkeitswirksamer Visualisierung. Den Kernbereich aller Anwendungsfelder bildet die Archivierung räumlicher Daten und deren Ausgabe in Karten und Plänen, also die zentrale Funktion von GIS.

Abb. 17-1: Methodische Brauchbarkeit von Modellierungsansätzen in den einzelnen Anwendungsfeldern.



Funktionsumfang des klassischen Desktop-GIS

Die Unterscheidung zwischen geometrischer und quantitativer Modellierung lässt sich in dieses Schema schwer integrieren. Zahlreiche geometrische Fragestellungen sind eher dem analytischen Bereich zuzuordnen. Gleichzeitig werden natürlich viele quantitative Daten visualisiert.

Die aktuelle technische Entwicklung rund um Web-GIS und 3D-Modelle mit Fassadenfotos scheint aktuell stark in Richtung der Zugänglichkeit von Daten, der Nutzung des Internets und der Darstellung zu gehen. Aus Sicht von Planung und Immobilienwirtschaft sollte jedoch deutlich gemacht werden, dass nicht nur die Darstellung statischer oder animierter Inhalte zu den Anforderungen der Disziplin gehört, sondern auch die quantitative und geometrische Modellierung und Analyse von Grundlagen (die dann durchaus auch in anspruchsvollere Visualisierungen integriert werden können). Für viele Fragestellungen reicht dabei das grafische Instrumentarium eines Standard-GIS aus.

Die unterschiedlichen Anforderungen der Anwendungsfelder zeigen auch, dass es unwahrscheinlich ist, dass das gesamte Spektrum der Geomodellierung und Visualisierung in eine Software integriert werden kann. Es ist zu erwarten, dass sich insbesondere die proprietären GIS-Systeme stärker zu den komplexen Analysetechniken hin orientieren. Der Bereich von Visualisierung, fotorealistischen 3D-Modellen und Animation dürfte dem Internet sowie speziellen Viewern überlassen bleiben. Diese Software dürfte aber in Zukunft außerhalb der Gestaltung durch „normale“ Planer und Immobilienökonomen liegen.

Wichtig sind wie bereits heute schon die Schnittstellen zwischen den Anwendungen sowie die klare Definition, welche Geodaten multifunktional einsetzbar sind. Die Vielfalt an Geodaten wird diesen Entscheidungsprozess jedoch eher verkomplizieren. Der Schritt vom GIS ins Internet dürfte aber allen Bereichen der Geomodellierung künftig ein Publikum verschaffen, welches in den letzten Jahrzehnten fehlte.

17.2 Zusammenfassung des Teils „Geomodellierung von Büroflächenmärkten" (Teil C)

17.2.1 Einführung

Die Büroflächenmärkte waren in den vergangenen Jahren vor allem durch die extremen Überkapazitäten in den Schlagzeilen. Gleichzeitig dürfte im Rahmen des demographischen Wandels und des in diesem Zusammenhang zurückgehenden Arbeitskräfteangebotes auch der Bedarf an Büroflächen sinken. Büroflächen sind jedoch eine bedeutende Form der Kapitalanlage und spielen planerisch eine wichtige Funktion im Stadtgefüge. Insofern wird die Büromarktanalyse zunehmend als Forschungsfeld erkannt – einerseits im Rahmen der privatwirtschaftlichen Marktbeobachtung, andererseits durch die öffentliche Raumbeobachtung des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung. Die vorliegende Arbeit wählt den Themenfokus „Büroflächenmärkte" zum einen als relevantes Forschungsfeld an sich, zum anderen als Testfeld für die Anwendung von Geomodellierung, aus welchem Rückschlüsse auf das Rahmenthema der Geomodellierung gezogen werden sollen.

Spricht man von Büroflächen, so muss zunächst zwischen tatsächlichen (d.h. aktuell als Büro genutzten) und marktfähigen (d.h. primär als Büro nutzbaren) Büroflächen unterschieden werden. Die Genehmigung als Bürofläche kann bei ausreichender Genauigkeit der kommunalen Baugenehmigungsdaten eine tragbare Näherung für die zweite Kategorie sein.

Das Thema Büroflächen in Städten hat eine planerische und eine ökonomische Forschungstradition. Bei der ersten geht es primär um die Bestimmung einer bedarfsadäquaten Ausweisung von Flächen, die zweite zielt auf die Prognose von Angebot und Nachfrage und die dadurch beeinflussten Marktausgleichsparameter „Preis" und „Leerstand". Der enge inhaltliche Zusammenhang der planerischen und der ökonomischen Zielfragestellung spricht für eine gemeinsame Modellierung.

17.2.2 Referenzmodelle auf Makroebene

Die Raumplanung bestimmt den Bedarf an Büroflächen klassischerweise aus dem Zuwachs an Bürobeschäftigten, dem Zuwachs der Flächenkennziffer (der Fläche pro Bürobeschäftigtem) und dem Ersatzbedarf an überalterten Büroflächen. Dieses Modell beinhaltet keinen Leerstand und ist deshalb wenig geeignet, die in Zukunft vermutlich vermehrt bestehende Marktsituation mit Sockelleerständen und gleichzeitigem Neubau abzubilden. In vielen Flächennutzungsplänen und Stadtentwicklungskonzepten taucht zudem die Gebäudeform Büro gar nicht als eigene Prognosekategorie auf.

In der anglo-amerikanischen Büromarktanalyse hat sich beginnend mit dem Modell von ROSEN (1984) ein Modellierungszweig herausgebildet, welcher durch ein dynamisches Mehrgleichungsmodell den Zusammenhang Miete -> Inanspruchnahme -> Leerstandsquote -> Miete bei exogen gegebener Bürobeschäftigung sowie den Zusammenhang Miete -> Neubau -> Leerstandsquote -> Miete beschreibt. Der Vorteil liegt in der ökonometrischen Validierung von Zusammenhängen, welche auch die Verwendung von Näherungsvariablen im Falle unbekannter Größen erlaubt (bspw. Dienstleistungsbeschäftigte statt Bürobeschäftigte). Allerdings ist eine Anwendung des Modells unterhalb der Gesamtstadtebene aufgrund fehlender Eingangsdaten aktuell kaum möglich. Zudem lässt die fehlende Berücksichtigung eines zyklenübergreifenden Flächenkennzifferanstieges eher eine Anwendung in der Kurzfristprognose sinnvoll erscheinen.

17.2.3 Referenzmodelle auf Mikroebene

Das gängigste Modell zur Beschreibung von Marktparametern auf Mikroebene ist die hedonische Preisanalyse. Dabei werden heterogene Güter wie Autos, Computer oder eben Büroimmobilien gedanklich in verschiedene Wert beeinflussende Faktoren zerlegt. Zu diesen Faktoren zählen Gebäudeeigenschaften sowie Lage- und Umfeldvariable. Letztere sind klassische Geovariable. Unter Zuhilfenahme der linearen Regression werden für jede Ausprägung der Eigenschaften Zu- und Abschläge des Preises geschätzt. Die hedonische Preisanalyse ist ein gängiges Modell, wobei die Zahl empirisch geschätzter Gleichungen für den Büromarkt in Deutschland sehr überschaubar ist.

Die Inanspruchnahme von Büroflächen lässt sich über Mikrosimulationen zur Standardallokation modellieren. Die Referenzliteratur zu diesem Thema beschäftigt sich zwar nicht speziell mit Büroflächen, ist aber übertragbar. Demnach entscheidet sich ein Flächennutzer für denjenigen Standort, der ihm den höchsten Nutzen bringt. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass kein Marktteilnehmer den vollständigen Marktüberblick hat und somit auch suboptimale Lösungen möglich sind – meistens modelliert durch eine Zufallskomponente. Der Nutzen hängt wie der Preis in der hedonischen Preisanalyse von Eigenschaften des Gebäudes und seines Umfelds ab – auch hier kommen also Geovariable zum Einsatz. Verschiedene Nutzer können allerdings verschiedene Eigenschaften unterschiedlich bewerten. Das Verlassen von Büroflächen kann entweder als autonomes Ereignis modelliert werden oder als permanente Suche nach einem besseren als dem aktuellen Zustand. Da die Mikrosimulation als Methode in die Büromarktforschung bislang keinen Eingang gefunden hat, ist ein empirischer Test dieses Verfahrens sinnvoll. Aufgrund des Aufwandes kann die vorliegende Arbeit jedoch nur eine Basisversion mit ersten Testergebnissen liefern.

17.2.4 Vorschläge zur Modellierung des Büroflächenmarktes

Auf Basis der gerade beschriebenen Referenzstudien werden für die empirische Anwendung folgende Modelle vorgeschlagen:

- Ein dynamisches Mehrgleichungs-Marktmodell.
- Das hedonische Preismodell als räumliches Querschnittmodell.
- Die Übertragung des hedonischen Ansatzes auf die Schätzung von Leerstandswahrscheinlichkeiten.
- Die Mikrosimulation. Hier werden ausgehend von einem Bestand an Gebäuden mit Nutzern und Leerständen zunächst Umzüge und Fortzüge modelliert und dann umziehende und zuziehende Nutzer in die leer stehenden oder gerade neu gebauten Büroflächen platziert.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die theoretische Aufstellung der Modelle durchaus komplizierter sein kann als die empirische Bearbeitung nachher möglich ist. Gerade beim Mehrgleichungsmodell sowie bei der Mikrosimulation werden deshalb Basisversionen aufgezeigt (die dann tatsächlich umsetzbar sind), anschließend aber in Form von Erweiterungsmöglichkeiten Modellansätze vorgeschlagen, die bei Vorhandensein besserer Eingangsdaten verwendbar sind.

17.2.5 Diskussion

Die gezeigten Modelle sind in vielerlei Hinsicht interessant für die Akteure in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft. Das Mehrgleichungs-Marktmodell unterstützt die

Prognose der Entwicklung von Immobilienzyklen für verschiedene Szenarien der Bürobeschäftigung. Für die Stadtplanung ergibt sich hier die Möglichkeit, tatsächlich Flächennachfrage von privater Seite zu prognostizieren und nicht einen abstrakten Bedarf. Das hedonische Preismodell unterstützt die Wertermittlung und die Findung aktueller Marktpreise für individuelle Immobilien. In der Stadtplanung kann hiermit die Eignung von Flächen für verschiedene Nutzungen gemessen werden. Die Übertragung des hedonischen Ansatzes auf die Schätzung von Leerstandswahrscheinlichkeiten ergänzt die Preisanalyse um den wichtigen Marktausgleichsparameter Leerstand und kann städtebauliche Risikobereiche identifizieren. Die Mikrosimulation ist am komplexesten, verfügt aber auch über verschiedene Anwendungsfelder, z.B. die Prognose von Leerstandswahrscheinlichkeit und Fluktuation sowie die branchenspezifische Bezugsprognose von Neubauflächen.

Während insbesondere die hedonische Preisanalyse eine einfach durchzuführende Methode darstellt, ist der Forschungsbedarf bei der Mikrosimulation noch hoch. Das Mehrgleichungs-Marktmodell ist methodisch ausgereift, leidet aber unter der Eingangsdatensituation. Grundsätzlich ist eine stärkere Orientierung des Immobilienresearch an denjenigen Modelltypen wünschenswert, welche die Arbeit mit Stichproben zulassen.

17.3 Zusammenfassung des Teils „Geomodellierung des Büroflächenmarktes Stuttgart" (Teil D)

17.3.1 Die Fallstudienstadt Stuttgart

Stuttgart, mit seinen 590.000 Einwohnern Hauptstadt und wirtschaftliches Zentrum von Baden-Württemberg, teilte sich mit Köln und Düsseldorf die Plätze fünf bis sieben der deutschen Bürometropolen. Dabei zeichnet sich die Stadt durch einen sehr stabilen Markt mit vergleichsweise geringen Umsätzen aus. Grund hierfür ist die Prägung der Stadt primär durch produzierende Betriebe (z.B. Daimler, Bosch, Porsche). Sie sind äußerst stabile Büroflächennutzer. Die Dienstleistungsbranchen erfüllen in Stuttgart (anders als bspw. die Banken in Frankfurt) zu einem großen Teil eine komplementäre Funktion für das regionale produzierende Gewerbe. Damit ist Stuttgart eine Fallstudienstadt, deren Ergebnisse besser auf kleinere Städte übertragbar sein sollten als diejenigen der großen Sonderfälle Frankfurt, München oder Berlin. Die Stadt ist zudem groß genug, dass ein ausgeprägter Büroflächenmarkt mit von privater Seite erhobenen Daten vorliegt.

Im Stadtgebiet Stuttgarts lassen sich grob vier Bereiche für die Büronutzungen identifizieren:

- Das Stadtzentrum.
- Das mehrheitlich industriell genutzte Neckartal mit komplementären Büronutzungen.
- Die Filderhochebene entlang der Autobahn A8, wo sich zwischen Universität und Flughafen technologieorientierte Betriebe und unternehmensbezogene Dienstleistungen ansiedeln.
- Weilimdorf im Nordwesten als klassisches peripheres Büroflächencluster.

17.3.2 Empirische Eingangsgrößen

Für Angebot, Nachfrage, Preise und Leerstände stehen aggregierte Zeitreihen aus den Marktberichten verschiedener Makler zur Verfügung. Ziel der Arbeit ist allerdings der Aufbau einer eigenen Mikrodatenbank.

Auf der Angebotsseite arbeitet die Fallstudie primär mit den Gebäudefachdaten der Stadt Stuttgart, die im Vergleich zu anderen Städten äußerst genau sind, und auch innerhalb einzelner Gebäude nach verschiedenen Nutzungen differenzieren lassen. Hieraus werden alle Gebäude mit Büronutzungen gefiltert und bei gleicher Adresse aggregiert, so dass sich 4.325 Einheiten mit 8.047.000 m² Geschossfläche ergeben. Darüber hinaus stehen dem Autor die Ergebnisse einer Büroflächenbegehung des Planungsbüros Baasner, Möller & Langwald GmbH zur Verfügung, welches auch Leerstände erfasst. Ein genauer Abgleich der beiden Datensamples ist wegen der unterschiedlichen Betrachtungsebenen Gebäude und Objekt kaum machbar. Werden Attributdaten aus beiden Quellen gleichzeitig benötigt, so wird im Folgenden mit einer Stichprobe gearbeitet.

Zur Bestimmung des künftigen Angebotes werden aus dem Baulandkataster der Stadt Stuttgart bürogeeignete Flächen gefiltert und anhand eines Hochrechnungsalgorithmus mögliche Geschossflächen berechnet.

Auf der Nachfrageseite arbeitet die Fallstudie mit der Gewerbemeldedatenbank IHK Region Stuttgart. Da diese keine Freiberufler und Behörden abbildet, werden diese aus den Gelben Seiten ergänzt. Zudem steht ein Umzugsdatensample der IHK zur Verfügung, welches zwischen 2000 und 2004 Start- und Zielorte umziehender Unternehmen erfasst. Diese Eingangsdaten sind zugegebenermaßen fehlerhaft (insbesondere, da sie Unternehmenseinheiten und nicht Arbeitsstätten erfassen), sie können aber dennoch als Grundlage für die Generierung einer synthetischen Population, d.h. eines repräsentativen Abbilds der Wirklichkeit, dienen.

Der Marktausgleich auf Büroflächenmärkten erfolgt durch Preise und Leerstände. Letztere wurden in den oben beschriebenen Begehungsdaten erfasst. Für erstere stehen Datensamples der Investment Property Databank, des Gutachterausschusses sowie einer Büromietumfrage der IHK Region Stuttgart zur Verfügung.

17.3.3 Lokalisierung und Lagebeschreibung bei Mikrodaten

Bei allen Mikrodaten ergibt sich zunächst das Problem, dass sie sich auf unterschiedliche räumliche Einheiten (Gebäude, Objekt, Adresse) beziehen. Ein gewisser Anteil von alphanumerisch gegebenen Adressen ist zudem nicht in den Adressdaten des Katasters lokalisierbar. Für diese Probleme wird ein Zuordnungsalgorithmus angewandt, der je nach Anforderung Stichproben mit absolutem Korrektheitsanspruch oder synthetische Eingangsdaten mit Vollständigkeitsanspruch generiert. Die Betrachtungsebene der Modelle ist dabei die standardisierte Adresse – bestehend aus Straßenname und Hausnummer ohne Nummernzusatz oder Gebäudeteilnummerierung.

Durch die Lokalisierung aller Mikrodatensamples im Kataster liegen alle Informationen gemeinsam standardisiert im Geographischen Informationssystem ArcView vor. Hier werden nun für alle Mikrodaten die zugehörigen Gebäudevariablen aus den städtischen Gebäudefachdaten bestimmt. Lage und Umfeld werden durch eine Vielzahl von Geovariable beschrieben, u.a. Entfernung zum Zentrum und anderen wichtigen Punkten, Lage nach Stadtvierteln, Gebäudebestand im Umfeld, Firmenbestand im Umfeld, Umzugsbewegungen im Umfeld.

17.3.4 Ökonometrische Schätzung der Modelle

Die vier oben beschriebenen Modelle werden nun mithilfe des Programms SPSS ökonometrisch geschätzt.

Das Mehrgleichungsmodell hat den großen Vorteil, dass es Leerstände in die Modellierung einbezieht. Diese unterliegen in Stuttgart – anders als bspw. in Frank-

furt – aber keinem zyklenübergreifend ansteigenden Trend. Das Neubaugeschehen unterstützt auch im relativ stabilen Stuttgarter Markt signifikant die Entstehung von Zyklen, allerdings ist die Zufallskomponente des Modells hier relativ hoch. Stuttgart ist generell ein Markt mit vergleichsweise gering ausgeprägten Zyklen. In der Konsequenz tendiert das Mehrgleichmodell dazu, auch bei der Eingabe extremer Marktbewegungen zu nivellieren. Für die Flächenbedarfsprognose ist ein Modell, welches stark an der durchschnittlichen Marktentwicklung orientiert ist, aber besser zu gebrauchen als ein Modell, welches bei exogenen Schocks unsinnige Extremwerte liefert.

Die hedonische Preisanalyse erzielt einen guten Erklärungsgehalt mit plausiblen Einflussparametern der Mietpreise. Problematisch sind hier allerdings die Größe und die Repräsentativität der Eingangsdatensamples. Der Vergleich der Modelle für die drei Datenquellen lässt aber den validen Schluss auf die signifikant positive Wirkung von Zentralität, neuerem Baujahr des Gebäudes, Lage im Süden der Stadt, Unternehmensclustern im Umfeld, Größe des Gebäudes und geringer Dichte auf die Miete der Gebäude zu.

Die Übertragung des hedonischen Konzeptes auf die Leerstandswahrscheinlichkeit vermag trotz des bei binär-logistischen Regressionen typischerweise niedriger liegenden Erklärungsgehaltes gut zwischen verschiedenen Lagen der Stadt zu differenzieren. Dabei schneidet der industrielle Osten grundsätzlich besser ab als reine Bürocluster. Der Grund hierfür dürfte die große Zahl an Eigennutzern sein. Das Untersuchungsdesign ließe bei Beschränkung auf spekulative Vermietungen (so diese Daten vorliegen) bessere Ergebnisse erwarten.

Die Simulation bietet den großen Vorteil, dass Querschnittsaussagen (wie im hedonischen Konzept) und Längsschnittaussagen (wie im Mehrgleichungsmodell) kombiniert möglich sind. Auch die Gleichungen der Umzugs- und Zuzugswahrscheinlichkeit erreichen aufgrund des binär-logistischen Regressionsansatzes meist ein eher geringes Erklärungsniveau (bei deutlichen Unterschieden nach Branchen). Angesichts der Vielzahl an nicht bekannten Einflüssen auf das Umzugsgeschehen und Standortwahlverhalten war dies aber zu erwarten und muss in der Simulation mit entsprechend hohen Zufallskomponenten berücksichtigt werden. Der große Vorteil der Simulation liegt in der Tatsache, dass nach der aufwändigen Einbindung von Eingangsdaten mit verhältnismäßig geringem Aufwand unterschiedlichste Szenarien (bspw. bei verschiedenen Neubauflächen) durchgespielt werden können.

17.3.5 Modellergebnisse für Stuttgart

Das Mehrgleichungsmodell berechnet für Stuttgart drei Szenarien mit einer Bürobeschäftigung im Jahr 2020 von 215.000, 230.000 und 250.000 Personen. Zur besseren Vergleichbarkeit wird eine identische Zyklenlänge angenommen. Je nach Szenario ergibt sich für die 14 Jahre 2007 bis 2020 ein Büroflächenneubau von 1,35 Mio. m² BGF (Status-Quo-Szenario), von 1,39 Mio. m² BGF (Trendszenario) bzw. von 1,48 Mio. m² BGF (Wachstumsszenario). Interpretiert man die Konstante der Neubaugleichung (58.000 m² GF pro Jahr) als zyklenunabhängigen Ersatzbedarf, der im Bestand verwirklicht wird, so ergibt sich bis 2020 der Wert von 0,81 Mio. m² GF Ersatzbau im Bestand. Es verbleibt als prognostizierter Neubau auf neuen (!) Flächen im Status-Quo-Szenario 0,54 Mio. m² GF, im Trendszenario 0,58 Mio. m² GF und im Wachstumsszenario 0,67 Mio. m² GF. Der Vergleich mit den Angebotsflächen des Baulandmarktes zeigt, dass der Bedarf grundsätzlich bei weitem gedeckt werden kann. Allerdings konzentriert sich ein großer Teil des Angebots auf große produktionsnahe oder teilweise isolierte Flächen, die von sich aus nicht für

kleinteilige Nutzer in Frage kommen. Auf dem kleinteiligen Büromarktsegment sollte deshalb ein besonderes Augenmerk liegen.

Die hedonische Preisanalyse zeigt die Signifikanz der im vorhergegangenen Absatz beschriebenen Einflussgrößen. Dabei zeigt sich das Gefälle des „Mietpreisgebirges“ vom Zentrum Richtung Peripherie, wobei die Zentren der Cluster am Stadtrand ebenfalls hohe Werte erreichen. Mit Hilfe der einzelnen Schätzgleichung sind Immobilienspezifische Mietpreisschätzungen möglich, welche auf Plan 4 dargestellt sind. Gleiches gilt für die Schätzung der Leerstandswahrscheinlichkeiten, welche auf Plan 5 dargestellt sind. Bei letzterer ergeben sich niedrige Werte v.a. im Stuttgarter Osten, was auf die hohe Eigennutzerquote in diesem industriell genutzten Bereich zurückzuführen sein dürfte.

Die Mikrosimulation ermöglicht eine dynamische Betrachtung auf der Mikroebene. Die Zuzugs- und Fortzugsgleichungen können einerseits dazu genutzt werden, um ein individuelles Gebäude zu bewerten. Hierzu bestimmt man die Wahrscheinlichkeit zum Fortzug der einzelnen Nutzer sowie die Wahrscheinlichkeit, dass bei einem Auszug einer neuer Nutzer gefunden wird. Letztere Wahrscheinlichkeit kann branchenspezifisch berechnet werden. Teil D zeigt, wie diese Informationen der Mikrosimulation in ein Bewertungsexposé für Gebäude gefasst werden können. Der Ansatz lässt sich auf Neubauflächen übertragen: Hierbei wird simuliert, wie lange die Nutzer zur Besiedelung brauchen, d.h. wann welche Nutzer neu hinzugekommene Flächen absorbierten.

Die Ergebnisse der Mikrosimulation lassen sich aber auch auf gesamtstädtischer Ebene darstellen. Gezeigt wird zum einen eine verbesserte Kalkulation der Leerstandswahrscheinlichkeiten auf Basis von Umzügen und Fortzügen (Plan 6). Sie bestätigt das West-Ost-Gefälle und sieht die Innenstadtrandbereiche zusätzlich als leerstandsanfällige Zonen. Die Simulation gibt zudem Auskunft über die typische Standortwahl der einzelnen Nutzergruppen. Diese werden in Plan 7 dargestellt und zeigen plausible Ergebnisse.

17.4 Fazit aus Fokusthema und Fallstudie zum Thema Geomodellierung

Teil C und D dieser Arbeit stehen als Fokusthema Büromarktanalyse und Fallstudie Stuttgart im Gesamtrahmen dieser Arbeit zum Thema Geomodellierung in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft. Insofern soll zum Abschluss der Arbeit eine kurze Einordnung der Erfahrungen aus Teil C und D in den Rahmenkontext erfolgen.

Bedingt durch die Leerstandsrisiken, die sich in Stuttgart momentan auf niedrigem Niveau bewegen, aber auch hier im Zuge des demographischen Wandels, der Ausprägung spekulativer Büromietmärkte und der Überalterung von Bürobeständen der letzten Jahrzehnte zunehmen dürften, ergeben sich für Bestandshalter, Projektentwickler und Stadtplaner in Bezug auf den Büroflächenmarkt neue Herausforderungen. Vor diesem Hintergrund gewinnt neben dem technischen Aspekt der Sanierung von Immobilien die standortspezifische Marktbeobachtung an Bedeutung. Hier kann Geomodellierung unterstützen.

Dabei besteht grundsätzlich ein Dilemma zwischen Eingangsdaten und Methoden: Ohne gute Eingangsdaten macht eine methodisch fundierte Marktmodellierung keinen Sinn. Andererseits läuft die deutsche Immobilienforschung der letzten Jahre Gefahr, sich so stark auf die Standardisierung von Marktgrößen, Marktdaten und die vollständige hoch aufgelöste Erfassung von aktuellen Marktzuständen zu konzentrieren, dass dabei die methodische Beschäftigung mit Prognosemodellen und

der Möglichkeit, auch Querschnittdaten ökonometrisch zu schätzen, aus dem Fokus gerät. Die hier gezeigten Modelle haben zum überwiegenden Teil den Vorteil, dass sie keine Komplettkartierung von Bürobeständen benötigen, sondern mit Stichproben arbeiten. Lediglich die Startpopulation der Mikrosimulation fällt aus dem Raster: Hier wurden Möglichkeiten aufgezeigt, mit synthetischen Populationen zu arbeiten. Gleichzeitig sollte die eventuell bevorstehende Gebäude- und Arbeitsstättenzählung genutzt werden – und zwar so, dass vorab methodisch überlegt wird, was mit den zukünftig zur Verfügung stehenden Daten alles machbar ist.

Ein weiteres Dilemma der Büromarktanalyse besteht in der Verteilung der Datenbestände in der Form, dass jeder Datenhalter wirtschaftliche Interessen an den Daten hat. So sind Marktinformationen der Makler hoch sensibel; gleichzeitig haben die Kommunen an dem bei ihnen vorliegenden Geodatenbestand ein Verwertungsinteresse. Hier ist auszuloten, inwieweit trotzdem gewisse Informationen im Sinne einer win-win-Situation zusammengeführt werden können. Die Modelle dieser Arbeit zeigen bspw., dass es möglich ist, Schätzwerte auf der Basis von Mikrodaten zu publizieren, ohne dafür die originalen Mikrodaten preisgeben zu müssen. Für die private Seite gilt zudem: Katasterdaten und die Leistungsfähigkeit proprietärer Geographischer Informationssysteme schaffen zwar grundsätzlich eine hervorragende Qualität – viele Modelle lassen sich aber auch auf Basis einfach georeferenzierter Adresspunkte durchführen. Hier lässt der Schritt weg vom Experten-GIS hin zu Google Earth und Web-GIS in Zukunft eine höhere Verbreitung von immobilienwirtschaftlich relevanten Informationen erwarten.

Hiermit verbunden ist die Fragestellung nach der mono- oder multifunktionalen Nutzung von Modellen. Die *Large Scale Urban Models* haben gezeigt, dass zu große Ideen mit zu wenig konkretem Nutzen in einer frühen Phase der Verwirklichung schwer den Weg in die Praxis finden. Ähnliches steht für multifunktionale Pläne mit aufwändigen 3D-Stadtmodellen zu befürchten. Einfache Modelle wie die hedonische Preisanalyse sollten deshalb völlig losgelöst mit dezentralen Geodatenbeständen arbeiten. Sie sind ein gutes Beispiel, wie auch private Geodatennutzer aus der Immobilienwirtschaft vergleichsweise einfach in die Geomodellierung einsteigen können. Im Nachhinein kann man sich überlegen, ob die gesammelten Daten mit anderen verknüpft und für andere Fragestellungen verwendet werden können.

Aus der eigenen Erfahrung während dieser Arbeit kann der Autor dabei das *added value paradoxon* bestätigen: Der Aufwand, alle verwendeten Stuttgarter Datensätze zu akquirieren und in das GIS so einzubinden, dass eine Vergleichbarkeit mit anderen Datensätzen möglich ist (inkl. dem Umrechungsalgorithmus Gebäude – Adresse – Objekt), war zunächst groß. Das dritte Preisdatensample der IHK kam zu einem sehr späten Zeitpunkt zur Arbeit dazu. Dank der bereits vorliegenden Daten für alle beschreibenden Geovariablen sowie des Zuordnungsalgorithmus von Adressen zu Gebäuden konnte die hedonische Preisanalyse für dieses Sample innerhalb weniger Stunden durchgeführt werden.

Skepsis bringt der Autor deshalb neuen *Large Scale Urban Models* wie *UrbanSim* o.ä. entgegen. Diese Skepsis bezieht sich jedoch dezidiert nicht auf das methodische Lernen aus diesen Projekten. Einzelne Rechenschritte konnten fast eins zu eins in die Büro-Mikrosimulation dieser Arbeit übernommen werden. Problematisch ist die Einarbeitung in ein Komplettprogramm, von dem nachher nur ein Teil benötigt wird, der u.U. auch noch weiter angepasst werden muss. Der Vergleich zwischen dem Aufwand der Ausdehnung von *Large Scale Urban Models* auf andere Fragestellungen im Vergleich zur Neumodellierung wäre deshalb eine interessante akademische Fragestellung. Der Praktiker aus Immobilienwirtschaft und Planung mag bei der Mikrosimulation generell die Frage nach Aufwand und Nutzen stellen.

Auch hier gilt aber: Sind die Eingangsdaten (die so genannte Startpopulation) vorhanden, so ist der Aufwand begrenzt, es sind allerdings kombinierte Ökonometrie- und Programmierkenntnisse erforderlich. Ebenso wie bei den anderen Modellen erzeugt aber auch hier ein schlankes Modell zum Start (bspw. zur Fragestellung der Bewertung der Attraktivität von Neubaustandorten durch Simulation des Besiedelungsprozesses) schnelle Ergebnisse und erbringt somit auch den Nachweis des Nutzens. Auf dieser Basis sind Erweiterungen besser implementierbar als durch große theoretische Konzepte über ein multifunktionales Komplett-Simulationsprojekt.

Schließlich besteht das Problem der Notwendigkeit verschiedener interdisziplinärer Kenntnisbereiche, um Geomodellierung für das Thema Büroflächenmärkte durchführen zu können. Neben der Bedienung der GIS-Software, der Kenntnis der Verhaltensweisen von Büroimmobilienmärkten und dem Umgang mit ökonometrischen Methoden sowie der entsprechenden Software muss bei komplexeren Modellen wie der gezeigten Mikrosimulation programmiert werden. Es ist auch nicht absehbar, dass sich dies durch die Weiterentwicklung von GIS ändert.

Zum Abschluss bleibt nochmals die Frage nach dem Stellenwert von GIS zu klären. Die aktuellen Softwarepakete können erstaunlich viel. Größter Vorteil liegt in der bereits immanenten Visualisierung, die zumindest im statischen oder iterativ-animierten 2D-Bereich eigentlich alle Wünsche von Praktikern erfüllen sollte. Auch wenn es in dieser Arbeit (noch) nicht implementiert wurde: Der Ablauf der Simulation, der momentan in Access erfolgt, erscheint auch im GIS eine sinnvolle Angelegenheit mit der Möglichkeit zur schnittstellenlosen Visualisierung und zur Neuberechnung von Geovariablen. Größtes Problem von GIS ist die fehlende Möglichkeit zur Schätzung ökonometrischer Gleichungen. Die hierfür notwendigen Export- und Importprozeduren sind jetzt und auch in Zukunft kaum zu vermeiden.

Spannend ist der Schritt von Modellergebnissen ins Internet und damit in die Öffentlichkeit. Aufgrund der breiten Zahl an Interessenten (die im Wohnimmobilienbereich sicherlich noch viel größer ist als im Bürobereich) dürfte die Online-Abfrage von Analysedaten sicherlich ein wachsendes Marktsegment sein.

Mit den dargestellten Methoden der Modellierung lassen sich also vielfältige Zusatzinformationen gewinnen und verbreiten. Bei allen Versuchen, methodisch anspruchsvolle Verfahren der Geomodellierung zu implementieren, bleibt die Nachvollziehbarkeit von Ergebnissen durch Öffentlichkeit und Kunden aber ebenso wichtig wie der Ausbau der Schnittstelle zwischen analytischem Modellergebnis und daraus folgendem konzeptionellen Handeln.

Anhang 1: Programmcode der Simulation (Basisversion)

```
Private Sub Befehl0_Click()

Dim n1!, n2!, uflg1!, uflg2!, g1!, g2!, ht1!, ht2!, p1#, p2#
Dim lfd1&, ubk%, hadrcod1&, unit#
Dim x1$, x2$, x7%, x8!, x9!, x10!, x11!, x12!, x15%, x16&, x18%, x19%,
x20%, x21%, x22%, x23%, x24%, x25%, x26%, x27%, x28%, x29%, x30%, x31%,
x32%, x33%, x34%, x35%, x36%, x37%
Dim x39%, x46!, x47!, x49&
Dim xb1!, xb2!, xb3!, xb4!, xb5!, xb6!, xb7!, xb8!, xb9!, xb10!, xb11!,
xb12!, xb13!, xb14!, xb15!, xb16!
Dim xb38!, xb39!, xb42!, xb43!, xb44!, xb45!, xb46!, xb47!, xb48!, xb49!,
xb50!
Dim iter%, iterzahl%, umz%, umz_zahl%, sim%, simzahl%

Dim rd1!, rd2!
Dim jn1 As Boolean, jn2 As Boolean

Dim x111&, x112&, x114#, x117$, x118%
Dim x101#, x102&, x104&, x105#, x106$, x107%, x108#, x109#, x110#, x115#,
x116&
Dim x121#, x122&, x124&, x131#
Dim p3#, p4#
Dim c1%, i%, k%, g%, zwierg%, fortzug%
Dim Zeit As Date

'SOLLEN DIE ZWISCHENERGEBNISSE GELÖSCHT WERDEN (ja=1 / nein=0)
'Bei mehr als einem Simulationsdurchlauf aus Gründen der Übersichtlichkeit
dringend zu empfehlen
zwierg = 1

'SIND FORTZÜGE ZULÄSSIG (ja=1 / nein=0)
'Ohne exogene Zuzugstabelle ergibt sich hier ein zügig wachsender Leer-
stand
fortzug = 0

'ZAHL DER  SIMULATIONSDURCHLÄUFE
simzahl = 4
For sim = 1 To simzahl
Debug.Print "Simulationsdurchlauf " & sim

'ZAHL DER ITERATIONEN (=JAHRE)
iterzahl = 14
For iter = 1 To iterzahl
Zeit = Now
Debug.Print "Runde " & iter & " startet bei " & Zeit

'-------------------------------------------------------
'TEIL 1: ENTSCHEIDUNG ÜBER VERBLEIB, UMZUG ODER FORTZUG
'-------------------------------------------------------

'ERSTELLEN DER TABELLE FÜR DIE WAHRSCHEINLICHKEITEN
Dim Erst1 As New ADODB.Recordset
Dim sql_erst1 As String
sql_erst1 = "CREATE TABLE A500 (LFD long, HADRCOD long, UNIT double, NUTZ
single, UMF_LAGE single, GEB single, HERDENTR single, NUTZ2 single,
UMF_LAG2 single, GEB2 single, HERDENT2 single, FLUKTP double, FORTP dou-
ble, FLUKT integer, FORT integer);"
Erst1.Open sql_erst1, CurrentProject.Connection, adOpenDynamic, adLockOp-
timistic

'WAHRSCHEINLICHKEITSBESTIMMUNG FÜR ALLE UNITS IM A500
Dim Rein1 As New ADODB.Recordset
Dim sql_rein1 As String
```

```
sql_rein1 = "SELECT [A40" & sim - 1 & "_" & iter - 1 & "].UNIT, [A40" &
sim - 1 & "_" & iter - 1 & "].HADRCOD, [A300].LFD, [A300].BGKL,
[A300].WZ_gru, [A300].REFO_gru, [A300].UBK1," & _
" [A100].SUMGR, [A100].MAXOG, [A100].SUMM3, [A100].SUMGF, [A100].SUMBYRO,
[A100].epoche, [A100].epoche_1, [A100].HDGEB_JN, [A100].WOGEB_JN,
[A100].PRGEB_JN, [A100].MISCHGEB, [A100].Sumhdl," & _
" [A100].hm2_byfl, [A100].hm2_grz, [A100].hm2_gr, [A100].hm2_hand,
[A100].Avg_BGKL, [A100].hm2_cluB, [A100].hm2_vac, [A100].hm2_vacr," & _
" [A100].DISTBAB, [A100].DISTFLUG, [A100].DISTZENT, [A100].OPNVUTIL,
[A100].Vtl_Zone," & _
" [A100].hm2_1914s, [A100].hm2_1915s, [A100].hm2_1945s, [A100].hm2_1960s,
[A100].hm2_1970s, [A100].hm2_1980s, [A100].hm2_1990s, [A100].hm2_2000s," &
_
" [A100].UF_bank, [A100].UF_hand, [A100].UF_kult, [A100].UF_prod,
[A100].UF_rest, [A100].UF_sozi, [A100].UF_ubdl1, [A100].UF_ubdl2,
[A100].UF_verk, [A100].UF_verw," & _
" [A100].UFP_bank, [A100].UFP_hand, [A100].UFP_kult, [A100].UFP_prod,
[A100].UFP_rest, [A100].UFP_sozi, [A100].UFP_ubdl1, [A100].UFP_ubdl2,
[A100].UFP_verk, [A100].UFP_verw" & _
" FROM (A40" & sim - 1 & "_" & iter - 1 & " LEFT JOIN A300 ON A40" & sim -
1 & "_" & iter - 1 & ".LFD = A300.LFD) LEFT JOIN A100 ON A40" & sim - 1 &
"_" & iter - 1 & ".HADRCOD = A100.HADRCOD" & _
" WHERE ((([A40" & sim - 1 & "_" & iter - 1 & "].LFD)>1000));"
Rein1.Open sql_rein1, CurrentProject.Connection, adOpenDynamic, adLockOp-
timistic
'
Dim Raus1 As New ADODB.Recordset
Raus1.Open "SELECT LFD, HADRCOD, UNIT, NUTZ, UMF_LAGE, GEB, HERDENTR,
NUTZ2, UMF_LAG2, GEB2, HERDENT2, FLUKTP, FORTP, FLUKT, FORT FROM A500;",
CurrentProject.Connection, adOpenDynamic, adLockOptimistic
'
'BERECHNUNG DER WAHRSCHEINLICHKEITEN
Rein1.MoveFirst
Do While Rein1.EOF = False
ubk = Rein1("UBK1")
lfd1 = Rein1("LFD")
hadrcod1 = Rein1("HADRCOD")
unit = Rein1("UNIT")
'---Nutzervariable Gleichung 1:
x1 = Rein1("REFO_gru")
x2 = Rein1("WZ_gru")
If x1 = "gmbh_u_ä" Then xb1 = 0.32 Else xb1 = 0
If x2 = "hand" Then
xb2 = 0.181
ElseIf x2 = "kult" Then
xb2 = 0.679
ElseIf x2 = "prod" Then
xb2 = 0.274
ElseIf x2 = "ubdl2" Then
xb2 = -0.135
ElseIf x2 = "verw" Then
xb2 = 1.113
End If
n1 = xb1 + xb2
'---Lage- und Umfeldvariable Gleichung 1:
x7 = Rein1("VTL_Zone")
x8 = Rein1("hm2_vacr")
x9 = Rein1("hm2_1915s")
x11 = Rein1("hm2_1960s")
If x7 = 2 Then
xb7 = 0.327
ElseIf x7 = 3 Then
xb7 = -0.187
Else: xb7 = 0
End If
xb8 = -0.655 * x8
xb9 = 0.516 * x9
xb11 = -0.403 * x11
uflg1 = xb7 + xb8 + xb9 + xb11
'---Gebäudevariable Gleichung 1:
```

```
x15 = Rein1("EPOCHE")
x16 = Rein1("SumGF")
If x15 = 2 Then
xb15 = 0.329
ElseIf x15 = 3 Then
xb15 = 0.171
ElseIf x15 = 7 Then
xb15 = 0.16
ElseIf x15 = 8 Then
xb15 = -0.395
Else: xb15 = 0
End If
xb16 = -0.0000025 * x16
g1 = b15 + xb16
'---Herdentrieb Gleichung 1:
'x2 = Rein1("WZ_gru")
x18 = Rein1("UF_bank")
x19 = Rein1("UF_hand")
x20 = Rein1("UF_kult")
x21 = Rein1("UF_prod")
x22 = Rein1("UF_rest")
x23 = Rein1("UF_sozi")
x24 = Rein1("UF_ubdl1")
x25 = Rein1("UF_ubdl2")
x26 = Rein1("UF_verk")
x27 = Rein1("UF_verw")
x28 = Rein1("UFP_bank")
x29 = Rein1("UFP_hand")
x30 = Rein1("UFP_kult")
x31 = Rein1("UFP_prod")
x32 = Rein1("UFP_rest")
x33 = Rein1("UFP_sozi")
x34 = Rein1("UFP_ubdl1")
x35 = Rein1("UFP_ubdl2")
x36 = Rein1("UFP_verk")
x37 = Rein1("UFP_verw")
If x2 = "bank" Then
ht1 = (0.161 * x18) - (0.038 * x28)
ElseIf x2 = "hand" Then
ht1 = (0.161 * x19) - (0.038 * x29)
ElseIf x2 = "kult" Then
ht1 = (0.161 * x20) - (0.038 * x30)
ElseIf x2 = "prod" Then
ht1 = (0.161 * x21) - (0.038 * x31)
ElseIf x2 = "rest" Then
ht1 = (0.161 * x22) - (0.038 * x32)
ElseIf x2 = "sozi" Then
ht1 = (0.161 * x23) - (0.038 * x33)
ElseIf x2 = "ubdl1" Then
ht1 = (0.161 * x24) - (0.038 * x34)
ElseIf x2 = "ubdl2" Then
ht1 = (0.161 * x25) - (0.038 * x35)
ElseIf x2 = "verk" Then
ht1 = (0.161 * x26) - (0.038 * x36)
ElseIf x2 = "verw" Then
ht1 = (0.161 * x27) - (0.038 * x37)
Else: ht1 = 0
End If
'---Nutzervariable Gleichung 2:
x39 = Rein1("BGKL")
If x1 = "gmbh_u_ä" Then
xb38 = 0.893
Else: xb38 = 0
End If
If x39 = 2 Then
xb39 = -0.522
ElseIf x39 = 4 Then
xb39 = -0.437
ElseIf x39 = 5 Then
xb39 = -0.504
```

```
Else: xb39 = 0
End If
If x2 = "hand" Then
xb42 = 0.42
ElseIf x2 = "prod" Then
xb42 = 0.709
ElseIf x2 = "sozi" Then
xb42 = 1.093
Else: xb42 = 0
End If
n2 = xb38 + xb39 + xb42
'---Lage- und Umfeldvariable Gleichung 2:
'x7 = Rein1("VTL_Zone")
'x9 = Rein1("hm2_1915s")
x10 = Rein1("hm2_1945s")
x12 = Rein1("hm2_1970s")
x46 = Rein1("hm2_grz")
x47 = Rein1("DISTFLUG")
xb43 = 1.06 * x9
xb44 = 0.62 * x10
xb45 = 0.701 * x12
xb46 = -1.352 * x46
xb47 = -0.064 * x47
If x7 = 3 Then
xb48 = 0.353
ElseIf x7 = 5 Then
xb48 = 0.589
ElseIf x7 = 6 Then
xb48 = 0.711
Else: xb48 = 0
End If
uflg2 = xb43 + xb44 + xb45 + xb46 + xb47 + xb48
'---Gebäudevariable Gleichung 2:
x49 = Rein1("SumGR")
'x15 = Rein1("Epoche")
If x49 > 0 Then
xb49 = 0.000009 * x49
Else: xb49 = 0.0206
End If
If x15 = 2 Then
xb50 = 0.703
Else: xb50 = 0
End If
g2 = xb49 + xb50
'---Herdentrieb Gleichung 2:
'x2 = Rein1("WZ_gru")
'x18 = Rein1("UF_bank")
'x19 = Rein1("UF_hand")
'x20 = Rein1("UF_kult")
'x21 = Rein1("UF_prod")
'x22 = Rein1("UF_rest")
'x23 = Rein1("UF_sozi")
'x24 = Rein1("UF_ubdl1")
'x25 = Rein1("UF_ubdl2")
'x26 = Rein1("UF_verk")
'x27 = Rein1("UF_verw")
If x2 = "bank" Then
ht2 = (0.019 * x18)
ElseIf x2 = "hand" Then
ht2 = (0.019 * x19)
ElseIf x2 = "kult" Then
ht2 = (0.019 * x20)
ElseIf x2 = "prod" Then
ht2 = (0.019 * x21)
ElseIf x2 = "rest" Then
ht2 = (0.019 * x22)
ElseIf x2 = "sozi" Then
ht2 = (0.019 * x23)
ElseIf x2 = "ubdl1" Then
ht2 = (0.019 * x24)
```

```
ElseIf x2 = "ubdl2" Then
ht2 = (0.019 * x25)
ElseIf x2 = "verk" Then
ht2 = (0.019 * x26)
ElseIf x2 = "verw" Then
ht2 = (0.019 * x27)
Else: ht2 = 0
End If

If x2 = "lawi" Then
p1 = 0
Else:
If ubk = 1 Then p1 = 0.05 Else p1 = 1 - ((1 - (1 / (1 + Exp(-(n1 + uflg1 +
g1 + ht1 - 1.448))))) ^ (1 / 5))
If ubk = 1 Then p2 = 0.355 Else p2 = (1 / (1 + Exp(-(n2 + uflg2 + g2 + ht2
- 0.86))))
End If

'ZUFALLSZAHLENZIEHUNG UND AUSGABE DER ENTSCHEIDUNG
rd1 = Rnd
rd2 = Rnd
If rd1 <= p1 Then jn1 = 1 Else jn1 = 0
If rd2 <= p2 Then jn2 = 1 Else jn2 = 0
Raus1.AddNew
Raus1("LFD") = lfd1
Raus1("HADRCOD") = hadrcod1
Raus1("UNIT") = unit
Raus1("NUTZ") = n1
Raus1("UMF_LAGE") = uflg1
Raus1("GEB") = g1
Raus1("HERDENTR") = ht1
Raus1("NUTZ2") = n2
Raus1("UMF_LAG2") = uflg2
Raus1("GEB2") = g2
Raus1("HERDENT2") = ht2
'If p1 > 0.0001 Then
Raus1("FLUKTP") = p1
'Else
'Raus1("FLUKTP") = 0.0001
'End If
'If p2 > 0.0001 Then
Raus1("FORTP") = p2
'Else
'Raus1("FORTP") = 0.0001
'End If
Raus1("FLUKT") = jn1
Raus1("FORT") = jn2
Raus1.Update
Rein1.MoveNext
Loop

Rein1.Close
Raus1.Close

'--------------------------
'TEIL 2: STANDORTALLOKATION
'--------------------------
'Anmerkung: Die Bestimmung der Logits der Zuzugswahrscheinlichkeiten fin-
det extern statt, da diese Werte nur vom Gebäude (und nicht von der Kombi-
nation aus Gebäude- und Nutzervariablen) abhängen.

'BEHANDLUNG DER PERSISTENTEN (werden an A401 übergeben)
Dim Persisrein As New ADODB.Recordset
Dim sql_persisrein As String
sql_persisrein = "SELECT UNIT, HADRCOD, LFD" & _
" INTO A40" & sim - 1 & "_" & iter & _
" FROM A500" & _
" WHERE ((A500.FLUKT)=0);"
Persisrein.Open sql_persisrein, CurrentProject.Connection, adOpenDynamic,
adLockOptimistic
```

```
'ANMERKUNG: DIE FORTZIEHER FALLEN IM BASISSZENARIO WEG

'BEHANDLUNG DER FREIGEZOGENEN FLÄCHEN
'----Alte Leerstände werden in A700 geschrieben'
Dim Altleer As New ADODB.Recordset
Dim sql_altleer As String
sql_altleer = "SELECT LFD, HADRCOD, UNIT" & _
" INTO A700" & _
" FROM [A40" & sim - 1 & "_" & iter - 1 & "]" & _
" WHERE ((LFD)=0);"
Altleer.Open sql_altleer, CurrentProject.Connection, adOpenDynamic, ad-
LockOptimistic

'----Neue Leerstände werden an alte in A700 angehängt)
Dim Neuleer As New ADODB.Recordset
Dim sql_neuleer As String
sql_neuleer = "INSERT INTO [A700] (LFD, HADRCOD, UNIT )" & _
" SELECT 0 As LFD, HADRCOD, UNIT" & _
" FROM A500 WHERE (((A500.FLUKT)=-1));"
Neuleer.Open sql_neuleer, CurrentProject.Connection, adOpenDynamic, ad-
LockOptimistic

'----Die wechselweise beschriebene Verfügbarkeitstabelle A600 wird kreiert
Dim Erst2 As New ADODB.Recordset
Erst2.Open "CREATE TABLE A600 (UNIT double, HADRCOD long, LFD long, ZUFALL
double);", CurrentProject.Connection, adOpenDynamic, adLockOptimistic

'BEHANDLUNG DER UMZIEHER
'---- VORBEREITUNG MITTLERE SCHLEIFE
Dim Umziehrein As New ADODB.Recordset
Dim sql_umziehrein As String
If fortzug = 1 Then
sql_umziehrein = "SELECT A500.LFD, A500.HADRCOD, A500.UNIT, A500.FLUKT,
A500.FORT, [A300].WZ_gru, [A300].BGKL" & _
" FROM A500 LEFT JOIN [A300] ON A500.LFD = [A300].LFD" & _
" WHERE (((A500.FLUKT)=-1) AND ((A500.FORT)=0)) ORDER BY [A300].WZ_gru;"
ElseIf fortzug = 0 Then
sql_umziehrein = "SELECT A500.LFD, A500.HADRCOD, A500.UNIT, A500.FLUKT,
A500.FORT, [A300].WZ_gru, [A300].BGKL" & _
" FROM A500 LEFT JOIN [A300] ON A500.LFD = [A300].LFD" & _
" WHERE (((A500.FLUKT)=-1)) ORDER BY [A300].WZ_gru;"
Else:
Debug.Print "Unzulässige Aussage über die Modellierung von Fortzug"
End If
Umziehrein.Open sql_umziehrein, CurrentProject.Connection, adOpenDynamic,
adLockOptimistic

Dim Umziehraus As New ADODB.Recordset
Umziehraus.Open "SELECT LFD, HADRCOD, UNIT FROM A40" & sim - 1 & "_" &
iter, CurrentProject.Connection, adOpenDynamic, adLockOptimistic

'----MITTLERE SCHLEIFE FÜR DIE UMZIEHENDEN UNTERNEHMEN (Durchläuft alle
Standortsucher und hängt sie an A401 an)
Umziehrein.MoveFirst
umz = 0

'For umz = 1 To umz_zahl
Do While Umziehrein.EOF = False
umz = umz + 1
'Debug.Print "Jetzt kommt Umzieher " & umz

x111 = Umziehrein("lfd")
x112 = Umziehrein("hadrcod")
x114 = Umziehrein("unit")
x117 = Umziehrein("WZ_gru")
x118 = Umziehrein("BGKL")

'----VORBEREITUNG ERSTE INNERE SCHLEIFE (Ruft für jeden Umzieher alle
verfügbaren Gebäude auf)
```

```
Dim Rein2 As New ADODB.Recordset
Rein2.Open "SELECT UNIT, HADRCOD, LFD FROM [A700];", CurrentPro-
ject.Connection, adOpenDynamic, adLockOptimistic

Dim Raus2 As New ADODB.Recordset
Raus2.Open "SELECT UNIT, HADRCOD, LFD, ZUFALL FROM A600;", CurrentPro-
ject.Connection, adOpenDynamic, adLockOptimistic

'Debug.Print "In Frage kommende Gebäude für Umzieher: " & umz & " in Runde
" & iter & " in Durchlauf " & sim

'----ERSTE INNERE SCHLEIFE (Schreibt für alle verfügbaren Gebäude aus A
700 eine Zufallszahl in A600)
Rein2.MoveFirst
Do While Rein2.EOF = False
x101 = Rein2("Unit")
x102 = Rein2("HADRCOD")
x104 = Rein2("LFD")
x105 = Rnd()

Raus2.AddNew
Raus2("UNIT") = x101
Raus2("HADRCOD") = x102
Raus2("LFD") = x104
Raus2("ZUFALL") = x105
Raus2.Update
Rein2.MoveNext
Loop
'----ENDE ERSTE INNERE SCHLEIFE

'----VORBEREITUNG ZWEITE INNERE SCHLEIFE (Wählt anhand Zufallszahl 10
Gebäude)
Dim Rein3 As New ADODB.Recordset
Dim sql_rein3 As String
sql_rein3 = "SELECT TOP 10 A600.UNIT, A600.HADRCOD, A600.LFD,
A600.ZUFALL," & _
"[A100].EZ_BANK, [A100].EZ_VERK, [A100].EZ_HANDgr, [A100].EZ_UBDL2gr,
[A100].EZ_CLUS_1, [A100].EZ_handkl, [A100].EZ_CLUS_2, [A100].EZ_kult,
[A100].EZ_verw, [A100].EZ_ubdl1kl, [A100].EZ_ubdl2kl, [A100].EZ_CLUS_3,
[A100].EZ_prod, [A100].EZ_CLUS_4, [A100].EZ_rest, [A100].EZ_sozi,
[A100].EZ_CLUS_5, [A100].EZ_ubdl1gr, [A100].EZ_CLUS_6" & _
" FROM A600 LEFT JOIN [A100] ON A600.HADRCOD = [A100].HADRCOD ORDER BY
ZUFALL;"
Rein3.Open sql_rein3, CurrentProject.Connection, adOpenDynamic, adLockOp-
timistic

If x117 = "ubk" Then
x110 = 1
Else
Rein3.MoveFirst
x110 = 0

Do While Rein3.EOF = False
If x117 = "bank" Then
x131 = Rein3("EZ_bank")
ElseIf x117 = "verk" Then
x131 = Rein3("EZ_verk")
ElseIf x117 = "hand" And x118 > 3 Then
x131 = Rein3("EZ_handgr")
ElseIf x117 = "ubdl2" And x118 > 4 Then
x131 = Rein3("EZ_ubdl2gr")
ElseIf x117 = "hand" And x118 < 4 Then
x131 = Rein3("EZ_handkl")
ElseIf x117 = "kult" Then
x131 = Rein3("EZ_kult")
ElseIf x117 = "verw" Then
x131 = Rein3("EZ_verw")
ElseIf x117 = "ubdl1" And x118 < 5 Then
x131 = Rein3("EZ_ubdl1kl")
ElseIf x117 = "ubdl2" And x118 < 5 Then
```

```
x131 = Rein3("EZ_ubdl2kl")
ElseIf x117 = "prod" Then
x131 = Rein3("EZ_prod")
ElseIf x117 = "rest" Then
x131 = Rein3("EZ_rest")
ElseIf x117 = "sozi" Then
x131 = Rein3("EZ_sozi")
ElseIf x117 = "ubdl1" And x118 > 4 Then
x131 = Rein3("EZ_ubdl1gr")
Else:
x131 = 0.000001
End If

x110 = x110 + x131
Rein3.MoveNext
Loop
End If
'Debug.Print "Kumulierte EZ-Werte sind " & x110

'ZWEITE INNERE SCHLEIFE (Wahrscheinlichkeitsbasierte Zufallsauswahl aus 10
Gebäuden)

Rein3.MoveFirst
p4 = 0
x108 = Rnd()
i = 1

Do
If x117 = "ubk" Then
x109 = 0.1
ElseIf x117 = "bank" Then
x109 = Rein3("EZ_bank")
ElseIf x117 = "verk" Then
x109 = Rein3("EZ_verk")
ElseIf x117 = "hand" And x118 > 3 Then
x109 = Rein3("EZ_handgr")
ElseIf x117 = "ubdl2" And x118 > 4 Then
x109 = Rein3("EZ_ubdl2gr")
ElseIf x117 = "hand" And x118 < 4 Then
x109 = Rein3("EZ_handkl")
ElseIf x117 = "kult" Then
x109 = Rein3("EZ_kult")
ElseIf x117 = "verw" Then
x109 = Rein3("EZ_verw")
ElseIf x117 = "ubdl1" And x118 < 5 Then
x109 = Rein3("EZ_ubdl1kl")
ElseIf x117 = "ubdl2" And x118 < 5 Then
x109 = Rein3("EZ_ubdl2kl")
ElseIf x117 = "prod" Then
x109 = Rein3("EZ_prod")
ElseIf x117 = "rest" Then
x109 = Rein3("EZ_rest")
ElseIf x117 = "sozi" Then
x109 = Rein3("EZ_sozi")
ElseIf x117 = "ubdl1" And x118 > 4 Then
x109 = Rein3("EZ_ubdl1gr")
Else:
Debug.Print "Branchenangabe " & x117 & " WZ-Code " & x118 & " nicht les-
bar"
x109 = 0.1
End If

If x110 > x109 Then
p3 = x109 / x110
Else:
Debug.Print "Problem bei Gebäude " & i & " : p=" & x109 & " / " & x110 &
", akkumulierte p=" & p4 & ", Zufallzahl ist" & x108; ""
p3 = 0.1
End If
```

```
p4 = p3 + p4

If p4 > x108 Then
x115 = Rein3("UNIT")
x116 = Rein3("HADRCOD")
'Debug.Print "Umzieher " & umz & " wurde Gebäude " & i & " mit p = " & p3
& " zugeordnet!"
Else:
End If
Rein3.MoveNext
i = i + 1
Loop Until p4 > x108
'----ENDE DER ZWEITEN INNEREN SCHLEIFE (Auswahl aus 10 Gebäuden)

'KERN DER MITTLEREN SCHLEIFE (Die Allokation)
Umziehraus.AddNew
Umziehraus("UNIT") = x115 'das ist das geänderte
Umziehraus("HADRCOD") = x116 'das ist das geänderte
Umziehraus("LFD") = x111
Umziehraus.Update

Rein2.Close
Raus2.Close
Rein3.Close

'----VORBEREITUNG DRITTE INNERE SCHLEIFE (Aktualisierung der Gebäudeaus-
wahl)

Dim Drop3 As New ADODB.Recordset
Drop3.Open "Delete FROM A700", CurrentProject.Connection, adOpenDynamic,
adLockOptimistic

Dim Drop3_rein As New ADODB.Recordset
Dim sql_drop3_rein As String
sql_drop3_rein = "SELECT LFD, HADRCOD, UNIT FROM A600"
Drop3_rein.Open sql_drop3_rein, CurrentProject.Connection, adOpenDynamic,
adLockOptimistic

Dim Drop3_raus As New ADODB.Recordset
Dim sql_drop3_raus As String
sql_drop3_raus = "SELECT LFD, HADRCOD, UNIT FROM A700"
Drop3_raus.Open sql_drop3_raus, CurrentProject.Connection, adOpenDynamic,
adLockOptimistic

'----DRITTE INNERE SCHLEIFE (Aktualisierung der Gebäudeauswahl)

Drop3_rein.MoveFirst

Do While Drop3_rein.EOF = False
x121 = Drop3_rein("Unit")
x122 = Drop3_rein("HADRCOD")
x124 = Drop3_rein("LFD")

If x121 <> x115 Then
Drop3_raus.AddNew
Drop3_raus("UNIT") = x121
Drop3_raus("HADRCOD") = x122
Drop3_raus("LFD") = x124
Drop3_raus.Update
End If
Drop3_rein.MoveNext
Loop
'----ENDE DRITTE INNERE SCHLEIFE (Aktualisierung der Gebäudeauswahl)

Drop3_rein.Close
Drop3_raus.Close

Dim Drop1 As New ADODB.Recordset
Drop1.Open "Delete FROM A600", CurrentProject.Connection, adOpenDynamic,
adLockOptimistic
```

```
Umziehrein.MoveNext
'Next
Loop
'----ENDE DER MITTLEREN SCHLEIFE (Nutzerschleife)

Umziehrein.Close
Umziehraus.Close

'----Schreibt die Leerstände am Schluss einer Iteration (A700)in A40x
Dim Erst6 As New ADODB.Recordset
Dim sql_erst6 As String
sql_erst6 = "INSERT INTO A40" & sim - 1 & "_" & iter & " (UNIT, HADRCOD,
LFD)" & _
" SELECT UNIT, HADRCOD, LFD FROM A700"
Erst6.Open sql_erst6, CurrentProject.Connection, adOpenDynamic, adLockOp-
timistic

Dim Drop5 As New ADODB.Recordset
Drop5.Open "DROP TABLE A500", CurrentProject.Connection, adOpenDynamic,
adLockOptimistic
Dim Drop6 As New ADODB.Recordset
Drop6.Open "DROP TABLE A600", CurrentProject.Connection, adOpenDynamic,
adLockOptimistic
Dim Drop7 As New ADODB.Recordset
Drop7.Open "DROP TABLE A700", CurrentProject.Connection, adOpenDynamic,
adLockOptimistic

'Löscht die bereits gejointe und weiterverarbeitete Ergebnistabelle der
Vorrunde
If iter > 1 And zwierg = 1 Then
Dim Del10 As New ADODB.Recordset
Del10.Open "DROP TABLE A40" & sim - 1 & "_" & iter - 1, CurrentPro-
ject.Connection, adOpenDynamic, adLockOptimistic
End If

Next 'iter-----------------------------------------------------------------
-

'LÖSCHEN VON ZWISCHENERGEBNISSEN (wird erledigt, wenn zwierg=1)

If zwierg = 1 Then

'Schreibe in der ersten Simulation die Ergebnistabelle
If sim = 1 Then
Dim Erst8 As New ADODB.Recordset
Dim sql_erst8 As String
sql_erst8 = "SELECT A400_" & iter - 1 & ".* INTO B400_" & iter - 1 & "
FROM A400_" & iter - 1
Erst8.Open sql_erst8, CurrentProject.Connection, adOpenDynamic, adLockOp-
timistic

'Hänge in den anderen Simulationsdurchläufen die Ergebnisse an die Ergeb-
nistabelle an
Else:
Dim Join1 As New ADODB.Recordset
Dim sql_join1 As String
sql_join1 = "SELECT B40" & sim - 2 & "_" & iter - 1 & ".*, A40" & sim - 1
& "_" & iter - 1 & ".LFD" & _
" INTO B40" & sim - 1 & "_" & iter - 1 & _
" FROM B40" & sim - 2 & "_" & iter - 1 & _
" INNER JOIN A40" & sim - 1 & "_" & iter - 1 & " ON B40" & sim - 2 & "_" &
iter - 1 & ".UNIT = A40" & sim - 1 & "_" & iter - 1 & ".UNIT;"
Join1.Open sql_join1, CurrentProject.Connection, adOpenDynamic, adLockOp-
timistic

'...und lösche die veraltete Version der Ergebnistabelle
Dim Del9 As New ADODB.Recordset
Del9.Open "DROP TABLE B40" & sim - 2 & "_" & iter - 1, CurrentPro-
ject.Connection, adOpenDynamic, adLockOptimistic
```

```
End If

'...und die neuen gerade rangejointen Ergebnisse
Dim Del2 As New ADODB.Recordset
Del2.Open "DROP TABLE A40" & sim - 1 & "_" & iter - 1, CurrentPro-
ject.Connection, adOpenDynamic, adLockOptimistic

'Übergebe nach Ende der letzten Iteration eine identische Starttabelle für
den nächsten Simulationsdurchlauf (A4000->A4010)
If sim < simzahl Then
Dim Erst7 As New ADODB.Recordset
Dim sql_erst7 As String
sql_erst7 = "SELECT A40" & sim - 1 & "_0.*" & _
" INTO A40" & sim & "_0 FROM A40" & sim - 1 & "_0"
Erst7.Open sql_erst7, CurrentProject.Connection, adOpenDynamic, adLockOp-
timistic
End If

'Löscht die vorherige identische Starttabelle (aber erst ab Runde 2)
If sim > 1 Then
Dim Del4 As New ADODB.Recordset
Dim sql_del4 As String
Del4.Open "DROP TABLE A40" & sim - 1 & "_0", CurrentProject.Connection,
adOpenDynamic, adLockOptimistic
End If

End If

Debug.Print "Runden bis " & iterzahl & " beendet, bald startet Durchlauf "
& sim + 1

Next 'sim-----------------------------------------------------------------

Zeit = Now
Debug.Print "Programm endet am " & Zeit
```

Anhang 2: Codierung der Nutzereigenschaften in den IHK-Daten

Rechtsformen (REFO)

Kürzel	Rechtsform	Anzahl im Bestandsfirmensample	Rechtsgruppe in dieser Arbeit
11	Einzelkaufmann	517	person
12	eingetragener Kaufmann (e.K.)	381	person
13	eingetragener Verein (e.V.)	17	gemeinnützig
14	Stiftung privaten Rechts	1	gemeinnützig
19	Europäische wirtschaftliche Interessenvereinigung	1	gemeinnützig
21	offene Handelsgesellschaft	135	mehrperson
22	GmbH & Co.oHG	62	gmbh_u_ä
23	Kommanditgesellschaft	217	mehrperson
24	GmbH & Co.KG	1605	gmbh_u_ä
25	AG & Co.KG	21	ag_u_ä
26	AG & Co.oHG	2	ag_u_ä
27	Stiftung & Co.KG	3	gemeinnützig
28	KG auf Aktien & Co.KG	1	ag_u_ä
30	AG & Co.KG auf Aktien	6	ag_u_ä
31	Gesellschaft mit beschränkter Haftung	8866	gmbh_u_ä
32	Aktiengesellschaft	801	ag_u_ä
33	Kommanditgesellschaft auf Aktien	33	ag_u_ä
34	Bergrechtliche Gewerkschaft	1	gemeinnützig
35	GmbH & Co.KG auf Aktien	2	ag_u_ä
41	eingetragene Genossenschaft (eG)	56	gemeinnützig
51	Versicherungsverein auf Gegenseitigkeit	28	gemeinnützig
62	Anstalt öffentlichen Rechts	111	gemeinnützig
64	wirtschaftlicher Verein @22 BGB	1	gemeinnützig
65	gemeinnützige GmbH	16	gemeinnützig
66	Einzelunternehmen einer sonstigen jurist. Person g	2	person
82	Rechtsform ausl. Rechts HRA	9	gmbh_u_ä
83	Rechtsform ausl. Rechts HRB	75	gmbh_u_ä
84	ausländische Kapitalgesellschaft & Co. KG	1	gmbh_u_ä
85	Limited & Co.KG	30	gmbh_u_ä
86	Limited HRB	95	gmbh_u_ä
89	Partnerschaftsgesellschaft für Freiberufler	1	mehrperson

Betriebsgrößenklassen (BGKL)

Kürzel	Erklärung
0	unbekannt
1	1 – 3 Beschäftigte
2	4 – 6 Beschäftigte
3	7 – 9 Beschäftigte
4	10 – 19 Beschäftigte
5	20 – 49 Beschäftigte
6	50 – 99 Beschäftigte
7	100 - 199 Beschäftigte
8	200 – 499 Beschäftigte
9	500 – 999 Beschäftigte
10	1000 – 4999 Beschäftigte
11	5000 – 9999 Beschäftigte
12	10000 und mehr Beschäftigte
99	unbekannt

Wirtschaftszweige (WZ)

WZ-Code	Erklärung	WZ-Gruppe in dieser Arbeit
1	Landwirtschaft, Gewerbliche Jagd	lawi
2	Forstwirtschaft	lawi
5	Fischerei und Fischzucht	lawi
10	Kohlenbergbau, Torfgewinnung	prod
11	Gewinnung von Erdöl und Erdgas, Erbringung damit verbundener Dienstleistungen	prod
12	Bergbau auf Uran- und Thoriumerze	prod
13	Erzbergbau	prod
14	Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	prod
15	Ernährungsgewerbe	prod
16	Tabakverarbeitung	prod
17	Textilgewerbe	prod
18	Bekleidungsgewerbe	prod
19	Ledergewerbe	prod
20	Holzgewerbe (ohne Herstellung von Möbeln)	prod
21	Papiergewerbe	prod
22	Verlagsgewerbe, Druckgewerbe, Vervielfältigung von bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern	prod
23	Kokerei, Mineralölverarbeitung, Herstellung und Verarbeitung von Spalt- und Brutstoffen	prod
24	Chemische Industrie	prod
25	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	prod
26	Glasgewerbe, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	prod
27	Metallerzeugung und -bearbeitung	prod
28	Herstellung von Metallerzeugnissen	prod
29	Maschinenbau	prod
30	Herstellung von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen	prod
31	Herstellung von Geräten der Elektrizitätserzeugung, -verteilung u.ä.	prod
32	Rundfunk-, Fernseh- und Nachrichtentechnik	prod
33	Medizin-, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Optik	prod
34	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	prod
35	Sonstiger Fahrzeugbau	prod

WZ-Code	Erklärung	WZ-Gruppe in dieser Arbeit
36	Herstellung von Möbeln, Schmuck, Musikinstrumenten, Sportgeräten, Spielwaren und sonstigen Erzeugnissen	prod
37	Recycling	prod
40	Energieversorgung	prod
41	Wasserversorgung	prod
45	Baugewerbe	prod
50	Kraftfahrzeughandel; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen; Tankstellen	hand
51	Handelsvermittlung und Großhandel (ohne Handel mit Kraftfahrzeugen)	hand
52	Einzelhandel (ohne Handel mit Kraftfahrzeugen und ohne Tankstellen); Reparatur von Gebrauchsgütern	hand
55	Gastgewerbe	hand
60	Landverkehr; Transport in Rohrfernleitungen	verk
61	Schifffahrt	verk
62	Luftfahrt	verk
63	Hilfs- und Nebentätigkeiten für den Verkehr; Verkehrsvermittlung	verk
64	Nachrichtenübermittlung	verk
65	Kreditgewerbe	bank
66	Versicherungsgewerbe	bank
67	Mit dem Kredit- und Versicherungsgewerbe verbundene Tätigkeiten	bank
70	Grundstücks- und Wohnungswesen	ubdl1
71	Vermietung beweglicher Sachen ohne Bedienungspersonal	ubdl1
72	Datenverarbeitung und Datenbanken	ubdl1
73	Forschung und Entwicklung	ubdl1
74	Erbringung von Dienstleistungen überwiegend für Unternehmen	ubdl2
75	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	verw
80	Erziehung und Unterricht	kult
85	Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	sozi
90	Abwasser- und Abfallbeseitigung und sonstige Entsorgung	rest
91	Interessenvertretungen sowie kirchliche und sonstige religiöse Vereinigungen (ohne Sozialwesen und Sport)	verw
92	Kultur, Sport und Unterhaltung	kult
93	Erbringung von sonstigen Dienstleistungen	rest
95	Private Haushalte	rest
99	Exterritoriale Organisationen und Körperschaften	rest

Literaturverzeichnis

Ahrens, M.; Klamer, R.: Immobilienmärkte ticken räumlich. In: GeoBIT 5/2003

Albers, Gerd: Stadtplanung. Eine praxisorientierte Einführung. Darmstadt, 1988.

Albers, Gerd: Stadtentwicklungsplanung In: Akademie für Raumordnung und Landesplanung (Hg.): Handwörterbuch der Raumordnung. Hannover, 2005, S. 1067 - 1071.

Albert, Jörg: Das Düsseldorfer 3D-Stadtmodell. In: FuB 4 / 2005, S. 171-178.

Albert Speer und Partner (Hg.): Raumstrukturelle Wirkungen des Flughafenausbaus Frankfurt / Main 2015. Frankfurt, 20.07.2001.

Alonso, William: Location and Land Use. Toward a general theory of land rent. Cambridge (Massachusetts), 1964.

Anselin, Luc: Spatial Econometrics. Methods and Models. Boston, 1988.

Arbia, Giuseppe: Spatial Econometrics. Statistical Foundations and Applications to Regional Convergence. Berlin et al., 2005.

Aring, Jürgen / Hogrebe, Petra / Pfeiffer, Ulrich: Flächenbedarfe der Stadt Kassel bis 2000. Wissenschaftliche Begleitung des verwaltungsinternen Diskussionsprozesses. Bonn, 1991.

Atisreal GmbH (Hg.): Office Market Report Germany. Berlin u.a., jährliche Berichte 1993 - 2007.

Backhaus, Klaus / Erichson, Bernd / Plinke, Wulff / Weiber, Rolf: Multivariate Analysemethoden. Berlin u.a., 9. Auflage 2000.

Bankhaus Ellwanger und Geiger KG (Hg.): Der Büromarkt Stuttgart 2006 / 2007. Stuttgart, 2007.

Batty, Michael: Urban Modeling in Computer-Graphic and Geographic Information System Environments. In: Environment and planning / B. 19 / 1992, S. 689 – 708.

Batty, Michael / Xie, Yichun / Sun, Zhanli: Modeling Urban Dynamics through GIS-based cellular automata. In: Computers, Environment and Urban Systems 23 / 1999, S. 205 - 233.

Bauer, Martin; Bonny, Hans Werner: Flächenbedarf von Industrie und Gewerbe – Bedarfsberechnung nach GIFPRO, Institut für Landes- und Stadtentwicklung des Landes NRW, 1986.

Bauer, Werner / Mohl, Hans-Ulrich: Das 3D-Stadtmodell der Landeshauptstadt Stuttgart. In: Coors, Volker / Zipf, Alexander: 3D-Geoinformationssysteme. Heidelberg, 2005, S. 265 – 278.

Becker, Dieter; Jha, Satish: Für Planung und Marketing: Erstellung eines 3-D-Stadtmodells unter Nutzung vorhandener Daten. In: GeoBIT 11/2003.

Beckman, Richard / Baggerly, Keith / McKay, Michael: Creating synthetic baseline populations. In: Transportation Research A, 6 / 1996, S. 415 – 429.

Beckmann, Klaus: Modelle für die räumliche Planung. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hg.): Handwörterbuch der Raumordnung. Hannover, 4. Aufl.. 2005, S. 657 – 667.

Benenson, Itzhak / Torrens, Paul M.: Geosimulation. Automata-based modeling of urban phenomena. Chichester, 2004.

Bill, Ralf: Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Band 1: Hardware, Software und Daten. Heidelberg, 4. Auflage 1999.

Birkin, Mark / Clarke, Graham / Clarke, Martin / Culf, Richard: Using Spatial Models to Solve Difficult Retail Location Problems. In: Stillwell, John / Clarke, Graham (Hg.): Applied GIS and Spatial Analysis. Chichester, 2004.

Bloech, Jürgen: Industrieller Standort. In: Schweitzer, Marcell: Industriebetriebslehre. München, 2.Aufl. 1994, S. 63-149.

Bonny, Hanns Werner: Die Conjoint-Analyse. Eine Technik zur Gewerbeplanung. In RuR 1999, S. 46 – 53.

Boustedt, Olaf: Grundriß der empirischen Regionalforschung. Teil III: Siedlungsstrukturen. Hannover, 1975.

Bronstein, I.N. / Semendjaev, K.A. / Musiol, Gerhard / Mühlig, Heiner: Taschenbuch der Mathematik. Frankfurt / Main, 5. Aufl., 2000.

Bulwien, Hartmut: Entwicklung des Immobilienmarktes in Deutschland. Marktteilnehmer, Regionen, Volumina, Preise und Mieten, Wohnungswesen und Büroimmobilien. Vorlesung an der FH Biberach am 18.04.2002. In: www.bulwien.de, Stand 01.07.2003

BulwienGesaAG (Hg.): Büroimmobilienmarkt München. Kurzfassung. Eine Gemeinschaftsuntersuchung der BulwienGesaAG in Zusammenarbeit mit der Baasner, Langwald & Möller GmbH. München, 2005.

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR): Bauland- und Immobilienmärkte. Ausgabe 2001. Berichte Bd. 9, Bonn, 2001.

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR): Raumordnungsprognose 2020 / 2050. Kurzfassung des Bandes 23 der Berichte. Bonn, 2006.

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR, Hg.): Wohnungs- und Immobilienmärkte in Deutschland 2006. Berichte Bd. 27. Bonn, 2007.

Bundesverband der freien Berufe: Zahlenmäßige Struktur der Selbstständigen in Freien Berufen (1.1.2007). Download unter: www.freie-berufe.de/Daten-und-Fakten.221.0.html

Christaller, Walter: Zentrale Orte in Süddeutschland: Eine ökonomisch-geographische Untersuchung über die Gesetzmäßigkeit der Verbreitung und Entwicklung der Siedlungen mit städtischen Funktionen. Jena, 1933.

Cieslik, Bernhard: Hamburg in der dritten Dimension. In: zfv Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement 4/2003, S.- 254-260.

Clapp, John / Pollakowski, Henry O. / Lynford, Lloyd: Intrametropolitan Location and Office Market Dynamics. In: Journal of the American Real Estate and Urban Economics Association. 20 / 1, 1992.

Clapp, John M.: Dynamics of office markets: empirical findings and research issues. Washington, DC, 1993.

Court; A.T.: Hedonic price indexes with automotive examples. In: The dynamics of automotive demand. New York, 1939, S. 98 – 199. Zitiert in: PLÖHN (2006).

Davies, W. E.: Technical Information for Real Estate Experts, In: Diary and Manual of the Real Estate Board of New York 54, 1912. Zitiert in: HEYSER (2005)

Deckstein, Dagmar: Stuttgart ist Spitze. Neue Studie: Die Region verfüg über so viel Bürofläche wie Berlin. In: Süddeutsche Zeitung vom 20.07.2007, Seite V2/1.

De Lange, Norbert: Standortpersistenz und Standortdynamik von Bürobetrieben in westdeutschen Regionalmetropolen seit dem Ende des 19. Jahrhunderts. Ein Beitrag zur geographischen Bürostandortforschung. Paderborn, 1989.

Desyllas, Jake: The relationship between urban street configuration and office rent patterns in Berlin. London, 2000. Download unter: www.intelligentspace.com.

DiPasquale, Denise. / Wheaton, William (1996): Urban Economics of Real Estate Markets, Englewood Cliffs, 1996.

Dobberstein, Monika: Bürobeschäftigte. Entwicklung einer Methode zur Schätzung der Bürobeschäftigten im Rahmen von Büroflächennachfrageprognosen. Dortmund, Diss., 1997.

Dobberstein, Monika: Das prozyklische Verhalten der Büromarktakteure. Interessen, Zwänge und mögliche Alternativen. Arbeitspapier zur Gewerbeplanung Nr. 2. Dortmund, 2000.

Dobberstein, Monika: Funktionsmechanismen von Büromärkten jenseits der Top-Standorte am Beispiel Braunschweig. Vortrag auf dem 3. GIF-Forum „Metropolen versus Mittelstädte“. Frankfurt, 12.02.2004.

Einem, Eberhard von / Tonndorf, Thorsten: Büroflächenentwicklung im regionalen Vergleich. Schriftenreihe „Forschung“ des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau Heft Nr. 484. Berlin, 1990.

Eisenmann, Martin: Mietpreisumfrage Büroflächen in der Region Stuttgart 2005. Stuttgart, 2005.

Empirica GmbH (Hg.: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung): Expertise Aktuelle Strukturen und Trends auf dem deutschen Einzelhandels- und Büroimmobilienmarkt. 2007. Download unter: www.bbr.bund.de.

Elkan, Marco van: Unternehmensgründungen und Unternehmensliquidationen in Rheinland-Pfalz. Trierer Schriften zur Mittelstandsökonomie Bd. 1. Trier, 1998.

Ertle-Straub, Susanne: Standortanalyse für Büroimmobilien. Leipzig, Diss., 2002.

Falk, Bernd (Hg.): Fachlexikon Immobilienwirtschaft. Köln, 2. Auflage 2000.

Feilmayr, Wolfgang: Immobilienindices aus hedonischen Preisen. In: Gesellschaft für Regionalforschung. Seminarbericht 47. Heidelberg, 2004, S. 74 – 98.

Feser, Hans-Dieter / v. Malottki, Christian et al.: Regionalwirtschaftliche Wirkungen der Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Rheinland-Pfalz. Phase I. Effekte der Leistungserstellung. Trier, 2005.

Feser, Hans-Dieter / v. Malottki, Christian et al.: Regionalwirtschaftliche Wirkungen der Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Rheinland-Pfalz. Phase II. Effekte der Leistungsabgabe. Trier, 2007.

Feser, Hans-Dieter / v. Malottki, Christian / Schmitt, Rebecca: Migration Behaviour and Motives of University Graduates in Southwest Germany – Models and Empirical Evidences. Proceedings of the European Regional Science Association (ERSA) Conference. Cergy-Pontoise, 2007.

Fisher, Jeffrey D.: Integrating Research on Markets for Space and Capital. In: Journal of the American Real Estate and Urban Economics Association. 20 / 1, 1992.

Fittkau, Dirk: Beeinflussung regionaler Kaufkraftströme durch den Autobahnlückenschluss der A 49 Kassel – Gießen. Zur empirischen Relevanz der „New Economic Geography“ in wirtschaftsgeographischen Fragestellungen. Göttingen, Diss., 2004.

Flüshöh, Christian / Stottrop, Daria: Zwischenergebnis Büroflächenvollerhebung Düsseldorf. Hintergrund, Methodik, Vorläufige Ergebnisse. Arbeitspapier zur Gewerbeplanung Nr. 8. Dortmund, 2004.

Flüshöh, Christian / Stottrop, Daria: Büroflächenbestand - Grundlagen, Daten und Methoden. Eine Büroflächenvollerhebung am Beispiel der Stadt Düsseldorf. Dortmund, 2005.

Forrester, Jay: Urban Dynamics. Cambridge, 1969.

Fotheringham, Stewart / Rogerson, Peter: Spatial Analysis and GIS. London, 1994.

Franck, Georg: Raumökonomie, Stadtentwicklung und Umweltpolitik. Stuttgart u.a., 1992.

Franke, Jürgen / Härdle, Wolfgang / Hafner, Christian: Einführung in die Statistik der Finanzmärkte. Berlin u.a., 2003.

Frew, James / Jud, G. Donald: The Vacancy Rate and Rent Levels in the Commercial Office Market. In: Journal of Real Etate Research. 3 / 1, 1988.

Fromhold-Eisebith, Martina: Das “kreative Milieu” – nur theoretisches Konzept oder Instrument der Regionalentwicklung? In: Raumforschung und Raumordnung 2-3/1999, S. 168 – 175.

Fujita, Masahisa / Krugman, Paul / Venables, Anthony J.: The Spatial Economy. Cambridge, Massachussets, 2001.

Fürst, Franz: Predictable or not? Forecasting office markets with a simultaneous equation approach; Vortrag auf dem Annual Meeting of the European Real Estate Society (ERES) in Weimar, Germany, 9. Juni, 2006.

Fürst, Dietrich: Stadtökonomie. Stuttgart, 1977.

Ganser, Karl: Instrumente von gestern für die Städte von morgen? In: Ganser, Karl (Hg.): Die Zukunft der Städte. Baden-Bade, 1991.

Garreau, Joel: Edge City. Life on the new frontier. New York, 1991.

GDI-DE Arbeitskreis „XPlanung“: Modellprojekt X-Planung. Abschlussbericht. Ein Beitrag zum Aufbau der Geodateninfrastruktur in Deutschland. 2007. In: www.gdi-de.org/de/download/GDI_DE_XPlanung.pdf

Gerndt, H.: Methodologische Untersuchung der Simulationsmethode. Berlin, 1978. Zitiert in: Streich, Bernd: Simulation von Stadtgestalt unter besonderer Berücksichtigung des Computereinsatzes. Bonn, 1983.

Gertloff, Karl-Heinz: Digitale 3D-Daten der Landeshauptstadt Wiesbaden. In: zfv Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement 4/2002, S.- 232-238.

Gesellschaft für immobilienwirtschaftliche Forschung (Hg., zitiert als GIF e.V.): Definitionssammlung zum Büromarkt. Wiesbaden, 2004.

GI Geoinformatik GmbH: ArcGIS 9. Das Buch für Einsteiger. Heidelberg, 205.

Giles, Jim: Internet Encyclopaedias go head to head. In: Nature 438 / 2005, S. 900 – 901.

Greene, William H.: Econometric Analysis. Upper Saddle River (New Jersey), 4. Auflage 2000.

Gruen, Armin / Steidler, Franz / Wang, Xinhua: Generation and visualization of 3D-city and facility models using CyberCity Modeler (CC-Modeler™). Paper der CORP, Wien, 2003. Siehe auch www.corp.at

Guhathakurta, Subhrajit (Hg.): Integrated Land-Use and Environmental Models: A Survey of Current Applications and Research. 2003.

Haase, Ronny: Mietertragspotenziale. Hedonische Mietpreismodellierung für Büroimmobilien. In: http://www.ivt.ethz.ch/news/20070427_seminar/20070427_haase.pdf, Stand 01.06.2007

Hagen, Hans / Steinebach, Gerhard / Scheler, Inga / Ruby, Maja: Ikone – Computergestützte Auswertung von Konversionsflächen mithilfe von Voronoi-Diagrammen. In: Proceedings der CORP. Wien, 2006, S. 453-460.

Hakfoort, J. / Lie, R.: Office Space Per Worker: Evidence from Four European Markets. In: JOURNAL OF REAL ESTATE RESEARCH. 1996. VOL 11; NUMBER 2; 183-196.

Hanink, How “Local” are Local Office Markets? In Real Estate Economics. 24 / 3, 1996.

Hansen, Charles D. / Johnson, Christopher R. (Hg.): The Visualization Handbook. Oxford u.a., 2005.

Harris, Britton / Batty, Michael: Locational Models, Geographic Information and Planning Support Systems. In: Journal of Planning Education and Research. 12 /1993, S. 184 – 198.

Hartung, Frank: Der Büroflächenmarkt der Landeshauptstadt Düsseldorf unter besonderer Berücksichtigung der Leerstandsproblematik. Diss. Dortmund, 1998.

Haupt, Harald: Die Charakteristika des hedonischen Gutes Wohnung. Eine ökonometrische Analyse, in: Europäische Hochschulschriften, Reihe V, Bd./Vol. 2935, Frankfurt am Main, 2002.

Hekman, John S.: Rental Price Adjustment and Investment in the Office Market. In: AREUEA Journal, 13 / 1, 1985.

Hendershott, Patric H. / Lizieri, Colin M. / Matysiak, George A.: The Workings of the London Office Market. In: Real Estate Economics. 27 / 2, 1999.

Herbert, J. / Stevens, B.J.: A model for the distribution of residential activities in urban areas. In: Journal of Regional Science, 1960, S. 21-36.

Herz, Dietmar / Blätte, Andreas: Simulation und Planspiel in den Sozialwissenschaften. Eine Bestandsaufnahme der internationalen Diskussion. Münster, Hamburg, London, 2000, S. 181-203.

Heyser, Hartwig: Bestimmungsgründe des Büromietzinses. Hedonische Mietpreise am Beispiel des Münchener Gewerbemarktes, In: Volkswirtschaftliche Schriften, Heft 549, Berlin, 2006.

Hill, D. M. / Brand, D. / Hansen, W.B.: Prototype development of a statistical land use prediction model for the greater Boston region. Highway Research Record, 1965, S. 51-70.

Holzer, Johannes; Forkert, Gerald: Effiziente Erzeugung von 3D-Stadtmodellen aus vorhandenen Vermessungsdaten. Paper der Tagung CORP 2005, www.corp.at

Hotelling, H.: Stability in Competition. In: Economic Journal 1929, S. 41-57. Zitiert in: Mc Cann (2005).

Howland, M. / Wessel, D. S.: Projecting Suburban Office Space Demand: Alternative Estimates of Employment in Offices, Journal of Real Estate Research, 1994, 9, 369–89.

Hudson-Smith, Andrew / Evans, Stephen: Virtual CiTies: Form CAD to 3-D GIS. In: Longley, Paul A. / Batty, Michael: Advanced Spatial Analysis. Redlands, 2003, S. 41 - 59.

Huff, D.L.: A probabilistic analysis of shopping trade areas. In: Land economics, 39 / 1963, S. 81-90.

Hutchinson, Bruce / Batty, Michael: Advances in Urban Systems Modelling, In: Studies in Regional Science and Urban Economics, Vol. 15, New York, 1986.

Hysom, John L. / Crawford, Peggy L.: The Evolution of Office Building Research. In: Journal of Real Estate Literature, 5, 1997.

IMU-Institut Stuttgart (Hrsg.): Perspektiven der Wirtschaft in Stuttgart. Industrie und unternehmensorientierte Dienstleistungen in der Stadt. Gutachten im Auftrag des Amts für Stadtplanung und Stadterneuerung der Landeshauptstadt Stuttgart. Stuttgart, 2003.

Ingram, G.K. / Kain, J.F. / Ginn, J.R.: The Detroit Prototype of the NBER Urban Simulation Model. New York, 1972.

Janicki, A. / Pieske, R.: Die Bedeutung von Geodaten für eine Kreditfabrik. In: Immobilien und Finanzierung 23 / 2004.

Just, Tobias: Demografische Auswirkungen auf die Büromärkte – ein Update. Vortrag auf dem 4. Gif-Forum am 15.02.2005.

Kempf, Simon: Investigation of Influencing Factors determining Office Rents in German Metropolitan Areas; Vortrag auf dem Annual Meeting of the European real estate society (ERES) in Weimar, Germany, 9. Juni, 2006.

Klaus, G. / Buhr, M.: Wörterbuch der Philosophie. Reinbek, 1972. Zitiert in: Streich (1983)

Klosterman, Richard E.: Large-Scale Urban Models. Retrospect and Prospect. In: Journal of the American Planning Association 1 / 1994, S. 3 – 16.

Koenig, Ralf: Die Dynamik der Stadt. Untersuchung eines agentenbasierten Simulationsmodells am Beispiel der Wohnortdynamik. Paper der CORP (www.corp.at), Wien, 2007.

Kolwitz, Kai: Alles nur Zahlenzauber? Bei den Büromarkt-Quartalszahlen der großen Makler kommt es teils zu gravierenden Abweichungen. Wir haben nach Gründen gesucht. In: Immobilien Wirtschaft und Recht 3 / 2004.

Köhl, Werner W. / Jessen, Johann (Hg.): Verteilung von Dienstleistungen in Oberzentren am Beispiel der Städte Heilbronn, Reutlingen und Tübingen. Hannover, 2002.

Kohlhaas, Andreas; Bertram, Olaf: Austausch zwischen den Welten. Abgrenzung in der Semantik und Geometrie zwischen den GIS- und CAD-Daten. In: GeoBit 5 / 2003, S. 32-34.

Krieger-Boden, Christiane: Die räumliche Dimension in der Wirtschaftstheorie, Ältere und neuere Erklärungsansätze, Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel, 1995.

Krieger-Boden, Christiane: Raumwirtschafttheorie. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hg.): Handwörterbuch der Raumordnung. Hannover, 4. Aufl.. 2005, S. 899 - 906.

Kron, Detlef: Zukunftsfähige Stadtplanung in Stuttgart. Innenentwicklung und nachhaltiges Bauflächenmanagement. In: Scholl, Bernd (Hg.): Stadtgespräche. Bericht zur Veranstaltungsreihe Stadtgespräche. Zürich, 2007.

Kübler, R.; May, A.: Geoinformationssysteme im Corporate Real Estate Management. In: Leipzig Annual Construction Engineering Report. 4 / 1999

Kummerow, Max.: A System Dynamics Model of Cyclical Office Oversupply. In: JOURNAL OF REAL ESTATE RESEARCH. 1999. VOL 18; NUMBER 1; 233-255.

Kurzrock, Björn-Martin: Einflussfaktoren auf die Performance von Immobilien-Direktanlagen. Köln, Diss., 2007.

Lammel, Eckhard: Bürogebäude. In: Schulte, Karl-Werner (Hg.): Immobilienökonomie. Band 3: Stadtplanerische Grundlagen. München u.a., 2005, S. 443 – 477.

Landeshauptstadt Stuttgart in Verbindung mit dem Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hg.): Nachhaltiges Bauflächenmanagement Stuttgart (NBS). Schlussbericht. In: Beiträge zur Stadtentwicklung Band 34, Stuttgart, 2003.

Landeshauptstadt Stuttgart, Referat Städtebau, Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung (Hrsg.): Stadtentwicklungskonzept Stuttgart. Entwurf 2004. In: Beiträge zur Stadtentwicklung Band 35, Stuttgart, 2004.

Laposa, Steven / Thrall, Grant: Mass Appraisal and Noise: The use of Lifestyle Segmentation Profiles to Define Neighborhoods for Hedonic Housing Price Mass Appraisal Models. In: Stillwell, John / Clarke, Graham: Applied GIS and Spatial Analysis. Chichester, 2004.

Launhardt, Wilhelm: Mathematische Begründung der Volkswirtschaftslehre. Leipzig, 1885.

Lee, Douglass B. Jr.: Requiem for large-scale models. In: Simuletter / VI / 3, S. 16-29.

Li, Chao / Maguire, David: The handheld revolution. Towards ubiquitous GIS. In: Longley, Paul A. / Batty, Michael: Advanced Spatial Analysis. Redlands, 2003, S. 193-210.

Löchl, Michael / Bürgle, Michaela / Axhausen, Kay W.: Implementierung des integrierten Flächennutzungsmodells UrbanSim für den Grossraum Zürich – ein Erfahrungsbericht. In: DISP 1 / 2007, S. 13 - 25.

Lösch, Alfred: Die räumliche Ordnung der Wirtschaft. Jena, 1944.

Lowry, Ira: A Model of Metropolis. Santa Monica, 1964.

Ludwig, Helge: Prognose von Gewerbemieten in Deutschland. Methodik und Umsetzung von Mietpreisprognosemodellen für unterschiedliche Marktcharakteristika bei Gewerbeimmobilien. München, Diss., 2005.

MacDonald, John F.: A Survey of Econometric Models of Office Markets. In: Journal of Real Estate Literature. 10 / 2, 2002.

Maier, Gunther / Tödtling, Franz: Regional- und Stadtökonomik. Band 1: Standorttheorie und Raumstruktur. 4. Auflage, Wien, 2006.

Malizia, E. E.: Forecasting Demand for Commercial Real Estate Based on the Economic Fundamentals of U.S. Metro Markets, Journal of Real Estate Research, 1991, 6:3, 251–65.

Malottki, Christian von: Büroflächenbedarf der Arbeitswelt von morgen. Neue Herausforderungen für Planung, Projektentwicklung und Wirtschaftsförderung. Diplomarbeit, Kaiserslautern, 2003.

Malottki, Christian von / Steinebach, Gerhard / Hagen, Hans: The Visualization of Urban Planning Data. Connecting Alphanumerical Address Data and Building Geometries. Veröffentlichung in Kürze.

Marshall, Alfred: Principles of Economics. London, 8. Aufl., 1920. Zitiert in: McCann (2005, 55 ff.)

Maury, Tristan-Pierre / Nappi-Chaulet, Ingrid;: A spatiotemporal Autoregressive Price Index for the Paris Office Property Market. Proceedings of the Annual Meeting of the European Real Estate Society (ERES) in Weimar, Germany, 9 June, 2006.

McCann, Philip: Urban and Regional Economics. Oxford, 2005.

McClure, K.: Estimating Occupied Office Space: Comparing Alternative Forecast Methodologies, Journal of Real Estate Research, 1991, 6:3, 305–14. (Vorh.)

McFadden, Daniel: Modelling the choice of residential location. In: Karlqvist, Anders (Hg.): Spatial interaction theory and planning models. Amsterdam, 1978.

Mendes, A. B. / Themido, I. H.: Multi-outlet retail site location assessment. In: International transactions in operational research, 11 / 2004, S. 1-18.

Moeckel, Ralf / Schürmann, Carsten / Wegener, Michael: Microsimulation of Urban Land Use. Beitrag auf der 42nd European Conference of the ERSA. Dortmund, 2002.

Müller-Ibold, Klaus: Einführung in die Stadtplanung. Band 1: Definitionen und Bestimmungsfaktoren. Stuttgart, 1996.

Muncke / Dziomba / Walther: Standort- und Marktanalysen in der Immobilienwirtschaft - Ziele, Gegenstand, methodische Grundlagen und Informationsbeschaffung. In: Schulte, Karl-Werner / Bone-Winkel, Stephan: Handbuch Immobilien-Projektentwicklung. Köln, 2002.

Nadalin Gapriotti, Vanessa / Igliori, Danilo: The determinants of Vacancy Rates in the Sao Paulo Metropolitan Area: A Spatial Approach. Proceedings of the European Regional Science Association (ERSA) Conference. Cergy-Pontoise, 2007.

Nadler, Michael / Von Malottki, Christian: Wertschöpfungspotentiale Geographischer Informationssysteme in der Immobilienentwicklung, CORP-Paper. Wien, 2006.

Nowak, Jürgen: Simulation und Stadtentwicklungsplanung. Stuttgart u.a., 1973.

Nowotny, Klaus: Zero Observations in Gravity Models of Commuting Flows. Proceedings of the European Regional Science Association (ERSA) Conference. Cergy-Pontoise, 2007.

O'Looney, John: Beyond Maps. GIS and Decision Making in Local Government. Redlands, 2000.

O'Sullivan, Arthur: Urban Economics. Boston u.a., 2007.

o.V.: Britannica attacs. In: Nature. 440 / 2006, S. 582.

o.V.: Gif treibt Kampf gegen Datenchaos voran. In Immobilien-Zeitung, 14.10.2004, S. 4.

Olerth, Arne: Plastische Einblicke. In: GIS-Business 1-2 / 2007, S. 33 – 35.

OVG Koblenz, Beschluss vom 8.1.1999, 8 B 12650/98: Interkommunales Abstimmungsgebot bei Genehmigung eines Fabrik-Verkaufs-Zentrums, in: Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht (NVwZ), Heft 4, 1999, S. 435-38.

Pelzl, Wolfgang: Analyse und Prognose des Büro- und Handelsflächenmarktes im Graphischen Viertel in Leipzig unter besonderer Berücksichtigung des Industriepalastes. Vortrag, 25.06.1998.

Plöhn, Christian: Auswirkungen räumlicher Einflussfaktoren auf den Wert von Wohnimmobilien – eine Analyse mittels hedonischer Regression am Beispiel der Stadt Mainz, Diplomarbeit, Kaiserslautern, 2006.

Pollakowski, H. / Wachter, S. / Lynford, L.: Did Office Market Size Matter in the 1980s? In: Journal of the American Real Estate and Urban Economics Association, 2 / 1992, S. 303-324. Zitiert in: McDonald, J. F.: A Survey of Econometric Models of Office Markets. In: Journal of Real Estate Literature 2 / 2002.

Popp, Werner: SIARSSY. Ein Modell zur Simulation von städtischen und regionalen Systemen. Bern / Stuttgart, 1977.

Pred, Allen: Behavior and Location. Foundations for a Geographic and Dynamic Location Theory. Part 1. Lund Studies in Geography. Series B. 27. Zitiert in: Schätzl (2001)

Rauh, Jürgen / Hesse, Roland / Spichale, Christoph: Einsatz agentenbasierter Mikrosimulation für kleinräumige Bevölkerungsprognosen am Fallbeispiel von Regensburg. In: GIS / GeoBIT 12 / 2004, S. 27 – 34.

Reilly, W.J.: The law of retail gravitation. New York, 1931.

Royal Institution of Chartered Surveyors (Hg., zitiert als RICS): Modell der RICS für Büroangebot, -nachfrage und –preise in London, www.rics-foundation.org, Stand 15.02.2004

Rodriguez, Mauricio / Sirmans, C. F. / Marks, Allen P.: Using Geographic Information Systems to Improve Real Estate Analysis. In: Journal of Real Estate Research. 10 / 2, 1995.

Rosen, Kenneth T.: Toward a Model of the Office Building Sector. In: AREUEA Journal, 12 / 3, 1984.

Rumberg, Martin: Modellierung und Management kombinierter Umgebungslärmimmissionen. Ansätze für die risiko- und qualitätsorientierte Lärmminderung in der Stadtplanung. Kaiserslautern, Diss., 2007.

Ruppert, Wolf-Rainer / Würdemann, Gerd: Anwendung des Simulationsmodells POLIS für die Stadtentwicklungsplanung Köln. Bonn, 1979.

Schätzl, Ludwig: Wirtschaftsgeographie. Bd. 1 Theorie. Paderborn u.a., 8. Auflage 2001.

Scheffler, Rolf: Marktanalysen zum Büroflächenleerstand und ihre Bedeutung für Wertermittlungen. In: Grundstücksmarkt und Grundstückswert 1 / 2004.

Schelling, Thomas: Models of segregation. In: American Economic Review 59 / 1969, S. 488-493.

Schietzelt, Torsten H. / Densham, Paul J.: Location-allocation in GIS. In: Longley, Paul A. / Batty, Michael: Advanced Spatial Analysis. Redlands, 2003, S. 345 - 365.

Schöning, Georg / Borchard, Klaus: Städtebau im Übergang zum 21. Jahrhundert. Stuttgart, 1992.

Schmitz, Holger: Factory-Outlet-Center in der Rechtssprechung. Der Kaufkraftabzug als Maßstab für eine interkommunal rücksichtsvolle Einzelhandelsansiedlung?, in: Baurecht (BauR), Heft 10, 1999, S. 1100-13.

Schroeder, William J. / Martin, Kenneth M.: Overview of Visualization. In: Hansen, Charles D. / Johnson, Christopher R. (Hg.): The Visualization Handbook. Oxford u.a., 2005, S. 3 – 35.

Schwartz, Eduardo / Torous, Walter: Commercial Office Space: Testing the Implications of Real Options Models with Competitive Interaction. In: Real Estate Economics 1 / 2007, S. 1-20.

Schulte / Pelzeter: Stadtplanung und Immobilienökonomie. In: Schulte, Karl-Werner (Hg.): Immobilienökonomie. Band 3: Stadtplanerische Grundlagen. München u.a., 2005.

Schulte, Karl-Werner / Bone-Winkel, Stephan / Rottke, Nico: Grundlagen der Projektentwicklung aus immobilienwirtschaftlicher Sicht. In: Schulte, Karl-Werner / Bone-Winkel, Stephan: Handbuch Immobilien-Projektentwicklung. Köln, 2. Auflage 2002.

Schulte, Karl-Werner (Hg.): Immobilienökonomie. Band 3: Stadtplanerische Grundlagen. München u.a., 2005.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und IHK zu Berlin: Bürostandort Berlin. Strukturen und Perspektiven bis 2010. Berlin, 2001.

Shilling, James D. / Sirmans, C. F. / Corgel, John B.: Price Adjustment Process for Rental Office Space. Journal of Urban Economics. 22 / 1, 1987.

Shilton, Leon G.; Webb, James R.: Office Employment Growth and the changing function of Cities. In: Journal of Real Estate Research 1992. Volume 7, Nr. 1; 73-90. (digital vorh.)

Shilton, L.: Patterns of Office Employment Cycles. In: JOURNAL OF REAL ESTATE RESEARCH. 1998. VOL 15; NUMBER 3; 339-354

Simons, Harald: Perspektiven des westdeutschen Wohnungs- und Büromarktes bis 2030. In: Informationen zur Raumentwicklung, 1999, S. 745 ff. sowie in: www.empirica-institut.de, Stand 01.05.2003

Sivitanides, P.: The Rent Adjustment Process and the Structural Vacancy Rate in the Commercial Real Estate Market. In: Journal of Real Estate Research. 13 / 2, 1997.

Slade, Barrett A.: Office Rent Determinants during Market Decline and Recovery. In: Journal of Real Estate Research 2000. Volume 20, Nr. 3; 357-380. (digital vorh.)

Smith, Sarah L.: Urban remote sensing: the use of LiDAR in the creation of physical urban models. In: Longley, Paul A. / Batty, Michael: Advanced Spatial Analysis. Redlands, 2003, S. 171 – 191.

Soutschek, Martin: Google Earth: Neuer Platzhirsch im Geo-Revier? In: GeoBIT 1-2 / 2006, S. 8 – 15.

Stadt Kaiserslautern: Flächennutzungsplan 2010. Gewerbeflächenbedarfsprognose. Kaiserslautern, 1997.

Steidler, Franz; Beck, Michael: CyberCity Modeler: Automatic Texturing of 3D City Models. Paper der Tagung CORP 2005, www.corp.at

Steinebach, Gerhard: Stadtökologie in neuen Gewerbegebieten. Stadtplanung, Rechtsgrundlagen, Praxiserfahrungen. Wiesbaden / Berlin, 1996.

Steinebach, Gerhard: Informations- und Kommunikationssysteme im Verfahren der Bauleitplanung – zugleich ein Beitrag zum Entwurf des Europarechtsanpassungsgesetzes Bau. In: Zeitschrift für deutsches und internationales Bau- und Vergaberecht. Heft 1 / 2004, S. 16 ff.

Steinebach, Gerhard: Die Bedeutung des großflächigen Einzelhandels für die Stadtentwicklung. In: Spannowsky, Willy / Krämer, Tim (Hg.): Großflächiger Einzelhandel und Windkraftanlagen in Raumordnung und Städtebau. Köln, 2003, S. 19-34.

Stiens, Gerhard: Prognosen und Szenarien in der räumlichen Planung. in: Akademie für Raumforschung und Landesplanung: Methoden und Instrumente räumlicher Planung. Hannover, 1998, S. 113 – 145.

Streich, Bernd: Simulation von Stadtgestalt unter besonderer Berücksichtigung des Computereinsatzes. Bonn, 1983.

Strobl, Jürgen: Online-GIS – das WWW als GIS-Plattform. In: Herrmann , Christian / Asche, Hartmut: Web.Mapping 1Raumbezogene Information und Kommunikation im Internet. Heidelberg, 2001.

Strutz, Hans: Handwörterbuch der Verwaltung und Organisation. Köln u.a., 1982.

Suntum, Ulrich van: Kaufkraftströme im Einzelhandel. Ein gravitationstheoretisches Prognosemodell. In: Regionalforschung und Raumordnung 6 / 2000, S. 448 – 456.

Teichmann, Sven A.: Bestimmung und Abgrenzung von Managementdisziplinen im Kontext des Immobilien- und Facilities Management. In: Zeitschrift für Immobilienökonomie 2 / 2007, S. 5 – 37.

Thiede, Peter: Möglichkeiten zur Modellierung visueller Auswirkungen von Bauleitplanung in GIS. Kaiserslautern, Dipl.Arb., 2005.

Thünen, Johann Henirich von: Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie. Hamburg, 1826. Neu herausgegeben von Walter Braeuer und Eberhard E. A. Gerhardt. Darmstadt, 1966.

Troitzsch, Klaus G.: Computersimulationen in den Sozialwissenschaften, in: Herz, Dietmar / Blätte, Andreas: Simulation und Planspiel in den Sozialwissenschaften. Eine Bestandsaufnahme der internationalen Diskussion. Münster, Hamburg, London, 2000, S. 181-203.

Trumpp, Andreas: Leerstand von Büroimmobilien. Struktur sowie Strategien ausgewählter Büromarktakteure untersucht am Beispiel der Friedrichsstraße in Berlin. Bayreuth, 2005.

Vasconcelos, Maria / Gonçalves, António / Catry, Filipe / Paúl, José / Barros, Fernando: A working prototype of a dynamic geographical information system. In: International Journal of Geographical Information Science. 1 / 2002, S. 69 – 91.

Voith, Richard / Crone, Theodore: National Vacancy Rates and the Persistence of Shocks in the U.S. Office Markets. In: AREUEA Journal, 16 / 4, 1988.

Voß, Oliver: Ein empirisches Simulationsmodell für die westdeutschen Wohnungsmärkte. Münster, Diss, 2001. (WIR 288 001)

Waddell, Paul: UrbanSim: Modeling Urban Development for Land Use, Transportation and Environmental Planning. In: Journal of the American Planning Association, 3 / 2002, S. 297-314. Download unter www.urbansim.org.

Waddell, Paul / Borning, Alan / Noth, Michael / Freier, Nathan / Becke, Michael / Ulfarsson, Gudmundur: Microsimulation of Urban Development and Location Choices. Design and Implementation of UrbanSim. In: Networks and Spatial Economics, 1 / 2003, S. 43-67. Download unter www.urbansim.org.

Waddell, Paul / Ulfarsson, Gudmundur F.: Accessibility and Agglomeration: Discrete-Choice Models of Employment Location by Industry Sector. Annual Meeting des Transportation Research Board. Washington, D.C., 12.-16.01. 2003. Download unter www.urbansim.org.

Waddell, Paul / Ulfarsson, Gudmundur Freyr: Introduction to Urban Simulation. Design and Development of Operational Urban Models. In: Stopher / Button / Kingsley / Hensher (Hg.): Handbook in Transport, Volume 5: Transport Geography and Spatial Systems, 2004, S. 203-236. Download unter www.urbansim.org.

Weber, Alfred: Über den Standort der Industrie. Tübingen, 2. Aufl. 1922

Wegener, Michael: Operational Urban Models. State of the Art. In: Journal of the American Planning Association1 / 1994. S. 17-29.

Wegener, Michael: The Dortmund Housing Market Model. A Monte Carlo Simulation of a Regional Housing Market. Dortmund, 1983.

Wernecke, Martin: Büroimmobilienzyklen: Eine Analyse der Ursachen, der Ausprägungen in Deutschland und der Bedeutung für Investitionsentscheidungen. Köln, 2004.

Weidig, Inge / Hofer, Peter / Wolff, Heimfrid: Arbeitslandschaft der Zukunft. Quantitative Projektion der Tätigkeiten. Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung Nr. 213. Nürnberg, 1998.

Wheaton, W. C. and R. G. Torto, Vacancy Rates and the Future of Office Rents, Journal of the American Real Estate and Urban Economics Association, 1988, 16, 430–55.

Wietzel, Ingo: Methodische Anforderungen zur Qualifizierung der Stadtplanung für innerstädtisches Wohnen durch Mixed Reality-Techniken und immersive Szenarien. Kaiserslautern Diss., 2007.

Winkelmann, Ulrike: Modelle als Instrument räumlicher Planung. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hg.): Methoden und Instrumente räumlicher Planung. Hannover, 1998, S. 51-66.

Wu, Fulong: GIS-based simulation as an exploratory analysis for space-time processes. In: Geographical Systems, 1999, S. 199-218.

Wyatt, P.; Ralphs, M.: GIS in Land and Property Management, London, 2003

Zadelhoff Deutschland GmbH (Hg.): Standortanalyse Rhein-Main. Frankfurt (Main), 1991.

Zauner, Christoph: Büroflächen in Stuttgart 1968 – 1988. In: Beiträge zur Stadtentwicklung Band 28. Herausgegeben von der Landeshauptstadt Stuttgart. Stuttgart, 1989.

o.V.: Geodaten für die Immobilienwirtschaft. In: Bayerische Staatszeitung vom 13.02.2004

Verzeichnis der Internetquellen

Alle angegeben Quellen beziehen sich auf den Stand 01.10.2007

www.aerowest.de
www.bbr.bund.de
www.borchert-geo,de
www.boris.nrw.de
www.citygrid.at
www.cybercity.tv
www.entera.de/beteiligung.phtml
www.gdi-nrw.de
www.geocatalog.de
www.geodaten-online.de
www.geoinformatik.uni-rostock.de; www.geoinformatik.uni-rostock.de/produkte.asp
www.geoport.de
http://geoportal.bkg.bund.de
www.geoportal.rlp.de
www.geotainment.de
www.gisserver.de/aalen
www.gps-tour.info
www.hessen-flaecheninfo.de
www.holidaycheck.de
www.hvbexpertise.de
www.ikg.uni-bonn.de/sig3d
www.immodata.de/immoment.htm
www.immodaten.net
www.infas-geodaten.de
www.ipd.com
www.ld7.de
http://maps.live.de/LiveSearch.LocalLive
www.münchen3d.de
www.navteq.de,
www.on-geo.de
www.opensourcegis.org
www.paderborn.de
www.rag-informatik.de
www.realtor.com
www.rtg.bv.tum.de
www.sisby.de
www.stadtdetmold.de
www.statistik.baden-wuerttemberg.de
www.stuttgart-bauflaechen.de/
www.teleatlas.de
www.urbansim.org
www.vdm.de
http://webhelp.esri.com

Lebenslauf des Autors

Christian von Malottki

Annastraße 6, D - 67655 Kaiserslautern

+49 / (0) 631 / 311 56 12
+49 / (0) 163 / 976 76 18

malottki@wiwi.uni-kl.de

Geboren am 18.02.1977 in München
Verheiratet mit Judith von Malottki, Gymnasiallehrerin
Sohn Jonathan, geboren am 28.06.2007

SCHULE UND STUDIUM

09/ 83 – 07/ 87:
Volksschule in Sinzing (Lkr. Regensburg) und München

09/ 87 – 06/ 96:
Heinrich-Heine-Gymnasium München; Abschluss Abitur

09/ 96 – 06/ 97:
Wehrdienst als Vermesser in Idar-Oberstein und München

10/ 97 – 09/ 03:
Studium der Raum- und Umweltplanung an der TU Kaiserslautern, Abschluss Diplom-Ingenieur, Vertiefung Stadtentwicklung / Immobilienwirtschaft
2000 / 01 ERASMUS-Jahr an der TU Valencia, Spanien

Praktika und Werkstudententätigkeiten bei Gestion Lehoux et Tremblay (Montréal), bei der Stadt Dachau, dem Planungsverband Äußerer Wirtschaftsraum München, der Abteilung Landesentwicklung im Bayerischen Umweltministerium, der Bayerischen Hausbau GmbH und Aengevelt GmbH & Co. KG.

BERUFSEINSTIEG AN DER UNIVERSITÄT / PROMOTION

10/ 03 – 10/ 04:
Wissenschaftlicher Mitarbeiter für Drittmittelprojekte am Lehrstuhl Stadtplanung (Prof. Dr. G. Steinebach), TU Kaiserslautern.

10/ 04 – 03/ 07:
Wissenschaftlicher Mitarbeiter für Drittmittelprojekte am Lehrstuhl Volkswirtschaftslehre und Wirtschaftspolitik I (Prof. Dr. H.-D. Feser), TU Kaiserslautern.

04/ 07 – 08/ 07:
Stipendiat der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Internationalen Graduiertenkollegs „Visualisierung großer unstrukturierter Datenmengen“ der TU Kaiserslautern.

09/ 07 – 02/ 08 :
Fertigstellung der Dissertation während Elternzeit.

Kaiserslautern, den 07.01.2007

Christian v. Malottki