UNIVERSITÄT DORTMUND
INSTITUT FÜR RAUMPLANUNG
und
ABTEILUNG RAUMPLANUNG
FACHGEBIET VOLKSWIRTSCHAFTSLEHRE
Prof. Dr. Paul Velsinger

DIE BEDEUTUNG DES INFRASTRUKTURBEREICHS IN STADT- UND REGIONALMODELLEN

von
Michael Wegener

Arbeitspapier Nr. 14
Teilprojekt A 6
Sonderforschungsbereich 26
Raumordnung und Raumwirtschaft
Münster

Oktober 1978

Z U S A M M E N F A S S U N G

Der vorliegende Aufsatz ist die überarbeitete Fassung eines vom Verfasser am 11. Oktober 1978 in Memmingen auf dem Seminar "Integrierte Infrastrukturplanung zur Verbesserung der Lebensbedingungen in Städten und Gemeinden" im Rahmen des Kontaktstudiums der Universität Augsburg gehaltenen Vortrags.

Die Arbeit gibt einen Überblick über die wichtigsten Typen von Stadt- und Regionalmodellen sowie die Behandlung des Infrastrukturbereichs in ihnen. Anhand eines in der Bundesrepublik entwickelten Modells werden einige wesentliche Wirkungszusammenhänge zwischen Infrastruktur und räumlicher Entwicklung und ihre Abbildung im Modell erörtert. Unter Berücksichtigung der bei bisherigen Anwendungen gewonnenen Erfahrungen werden Möglichkeiten und Grenzen des Beitrags von Stadt- und Regionalmodellen für die Infrastrukturplanung aufgezeigt, und es werden Vorschläge für die weitere Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet gemacht.

I N H A L T

Einleitung 4

1. Informationsbedarf der Infrastrukturplanung 5

2. Stadt- und Regionalmodelle 7

3. Der Infrastrukturbereich in Stadt- und Regionalmodellen 11

4. Der Infrastrukturbereich im POLIS-Modell 15

5. Schlußfolgerungen 29

Literaturverzeichnis 33

E I N L E I T U N G

Angesichts der sich rasch verändernden demographischen, ökonomischen und siedlungsstrukturellen Rahmenbedingungen der Stadtentwicklung erfordert die Infrastrukturplanung in Städten und Gemeinden leistungsfähigere Prognosetechniken, als sie bisher in der Praxis zur Verfügung standen. Mathematische Stadt- und Regionalmodelle bieten prinzipiell die Möglichkeit, direkte und indirekte Folgewirkungen von Infrastrukturinvestitionen im Zusammenhang der räumlichen Stadtentwicklung vorauszuschätzen. Allerdings enthalten nur wenige vorhandene Stadt- und Regionalmodelle einen für die Anforderungen einer in die Stadtentwicklungsplanung integrierten Infrastrukturplanung genügend ausdifferenzierten Infrastruktursektor.

Im folgenden wird ein Überblick über die wichtigsten Typen von Stadt- und Regionalmodellen sowie die Behandlung des Infrastrukturbereichs in ihnen gegeben. Anhand eines in der Bundesrepublik entwickelten Modells werden einige wesentliche Wirkungszusammenhänge zwischen Infrastruktur und räumlicher Entwicklung und ihre Abbildung im Modell erörtert. Unter Berücksichtigung der bei bisherigen Anwendungen gewonnenen Erfahrungen werden Möglichkeiten und Grenzen des Beitrags von Stadt- und Regionalmodellen für die Infrastrukturplanung aufgezeigt, und es werden Vorschläge für die weitere Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet gemacht.

Unter Infrastruktur wird mit Bökemann (1974, 2) die Summe aller von öffentlichen Investoren, d.h. vor allem von den Gebietskörperschaften, produzierten "Gelegenheiten" in Form von Kommunikations- und Versorgungseinrichtungen verstanden, "mittels derer das Individuum am gesellschaftlichen Leben und der arbeitsteiligen Wirtschaft vorteilhaft teilhaben kann". Im Kontext der Stadt- und Regionalplanung umfaßt die Infrastruktur sowohl Teilsysteme mit zwi-

schenörtlichen Verknüpfungsfunktionen (Verkehr, Wasser, Energie, Abwasser usw.) als auch solche mit örtlichen Ausstattungsfunktionen (Bildung, Sozial- und Gesundheitswesen, Erholung, Freizeit, Sport usw.).

1. Informationsbedarf der Infrastrukturplanung

Infrastrukturplanung erfordert eine Vielfalt von Informationen. Die wichtigsten von ihnen werden im folgenden aufgelistet. Die Reihenfolge der Auflistung drückt ein Fortschreiten aus: von den relativ gut verfügbaren zu den schwer beschaffbaren Informationen und von der isolierten Fachplanung zur in die Stadtentwicklungsplanung integrierten Infrastrukturplanung.

(1) Normen und Richtwerte

Die Wertvorstellungen und Ziele der Gesellschaft über Umfang und Art der öffentlichen Aufgaben geben den Anstoß zur Infrastrukturplanung. Sie finden ihren Niederschlag in gesetzlichen Normen, politischen Zielsetzungen und wissenschaftlich begründeten Planungsrichtwerten. Normen und Richtwerte können sich auf das Infrastrukturangebot, auf die Infrastrukturnutzung oder auf externe Effekte der Infrastruktur beziehen. Sie sind für eine rationale Diskussion über Infrastrukturplanung unverzichtbar, ihre Verwendung wirft jedoch zahlreiche zum Teil noch ungelöste Meß- und Zurechnungsprobleme auf.

(2) Finanzmittel

Die verfügbaren Finanzmittel des öffentlichen Haushalts bestimmen den Handlungsspielraum der Infrastrukturplanung. Ihre Ermittlung erfordert die Berücksichtigung der Einnahmen der Gebietskörperschaften aus Steuern, Beiträgen, Gebühren, öffentlichen Unternehmen, Zuweisungen oder Krediten einerseits sowie der bereits gebundenen Ausgaben andererseits.

(3) Vorhandene Infrastruktur

Als Ausgangsbasis aller Infrastrukturplanungen müssen die vorhandenen Infrastruktureinrichtungen nach Standort, Art und Kapazität sowie die durch sie verursachten laufenden Kosten bekannt sein.

(4) Nutzerstruktur und Nutzerverhalten

Ferner müssen die relevanten Nutzergruppen (Haushalte, Betriebe, Altersgruppen usw.) nach ihren sozioökonomischen Merkmalen und ihrer räumlichen Verteilung sowie ihre Nutzung der vorhandenen Infrastruktur bekannt sein. Damit können mit Hilfe der Normen und Richtwerte aus (1) der durch die vorhandene Infrastruktur gebotene Versorgungsstand bewertet und räumliche und soziale Disparitäten in der Versorgung festgestellt werden.

(5) Direkte Auswirkungen von Infrastrukturmaßnahmen

In ähnlicher Weise muß es möglich sein, auch für geplante Ergänzungen der Infrastruktur die wahrscheinliche sozioökonomische Struktur und räumliche Verteilung der Nutzer sowie die zu erwartende Nutzung vorauszuschätzen. Zusätzlich sind der Flächenbedarf und die zu erwartenden Investitions- und Folgekosten der geplanten Einrichtungen zu ermitteln, so daß ein Vergleich von Nutzen und Kosten konkurrierender Maßnahmen möglich wird.

(6) Veränderungen von (1), (2), (3) und (4)

Angesichts der langen Lebensdauer der meisten Infrastruktureinrichtungen muß berücksichtigt werden, daß Normen und Richtwerte (1), die verfügbaren Finanzmittel (2), das vorhandene Infrastrukturangebot (3) und die sozioökonomische und räumliche Struktur der Nutzer und ihr Nutzungsverhalten (4) sich im Zeitablauf ändern. Die Vorausschätzung dieser Veränderungen ist zum Teil mit zusätzlichen An-

nahmen, zum Teil nur mit Hilfe komplexer Modellhypothesen möglich.

(7) Indirekte Auswirkungen von Infrastrukturmaßnahmen

Schließlich ist zu berücksichtigen, daß Infrastrukturmaßnahmen selbst und ihre direkten Folgewirkungen nicht ohne Auswirkungen auf die räumliche Entwicklung, d.h. die räumliche Verteilung der Nutzer, bleiben. Vielfach stellen Infrastrukturmaßnahmen sogar die wichtigsten Instrumente der öffentlichen Planung zur Steuerung der räumlichen Entwicklung dar. Zur Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen Infrastruktur und räumlicher Entwicklung bedarf es allerdings der Verknüpfung mehrerer komplexer Modellhypothesen. Eine solche Verknüpfung ist nur in integrierten Stadt- und Regionalmodellen möglich.

2. Stadt- und Regionalmodelle

Mathematische Planungsmodelle für die Stadt- und Regionalplanung wurden zuerst in den USA entwickelt. Schon in den frühen fünfziger Jahren war es in Verkehrsuntersuchungen gelungen, die Gesetzmäßigkeiten mathematisch zu formulieren, nach denen zwischen Wohn-, Arbeits-, Ausbildungs-, Einkaufs- und Freizeitstandorten einer Stadtregion Verkehrsströme entstehen und sich über das Verkehrsnetz verteilen. Damit war es möglich, verschiedene Ausbauvarianten des Verkehrsnetzes durchzuspielen und die geeignetste von ihnen auszuwählen.

Seit Beginn der sechziger Jahre versuchte man, auch die Entwicklung der Flächennutzung, vor allem der räumlichen Verteilung von Wohnungen und Arbeitsplätzen, in mathematischen Modellen nachzubilden. Im Jahre 1964 veröffentlichte I.S. Lowry sein Modell städtischen Gleichgewichts, das zum Vorbild für eine ganze Generation von Nachfolgemodellen geworden ist (Goldner, 1971). Nach dem Modell

von Lowry ist die Lage der Industriearbeitsplätze die wichtigste Bestimmungsgröße für die räumliche Verteilung von Wohnungen und Infrastruktur auf dem Stadtgebiet. Ist die Lage der Industriearbeitsplätze bekannt, läßt sich auf die Verteilung der Wohnungen und von diesen auf die der Dienstleistungs- und Einzelhandelsarbeitsplätze schließen. Einen grundsätzlich anderen Ansatz stellte J.W. Forrester 1969 mit seinem Stadtentwicklungsmodell URBAN DYNAMICS vor. Forrester übertrug hier das von ihm unter dem Namen "Industrial Dynamics" für die Nachbildung von betriebswirtschaftlichen Prozessen entwickelte Simulationsverfahren auf den Problembereich der Stadtentwicklung, ehe er dasselbe Verfahren auf Weltprobleme anwendete. Forrester ist nicht an räumlichen Verteilungen, sondern an der zeitlichen Entwicklung des städtischen Systems interessiert. Für ihn ist die Stadt eine räumlich nicht unterteilte Einheit, die aus den Teilsystemen Bevölkerung, Wohnungen und Arbeitsplätze besteht. Zwischen ihnen bestehen Wirkungszusammenhänge wie Zustrom oder Abwanderung von Einwohnern oder Arbeitskräften, Neubau, Alterung und Abriß von Gebäuden, Neugründung, Wachstum und Schließung von Betrieben, die durch Bestands- und Flußgleichungen mathematisch dargestellt werden. Die Stadt entwickelt sich von ihrer Gründung über Phasen des Wachstums, der Blüte und des Niedergangs bis zu einem Stagnations- oder Gleichgewichtszustand. Von ihm aus beginnt Forrester eine Reihe von Simulationsläufen, in denen Auswirkungen verschiedener Planungsmaßnahmen wie Wohnungsbau- oder Ausbildungsprogramme durchgespielt werden.

Nach den ersten ermutigenden Erfahrungen wurden in den USA zahlreiche, zum Teil großangelegte Modellentwicklungen mit dem Ziel unternommen, die Computersimulation zu einem brauchbaren Instrument für die praktische Stadt- und Regionalplanung zu machen (Abb. 1). Das Schicksal der meisten dieser Projekte zeigte jedoch, daß die in die Simulationsmodelle gesetzten Erwartungen

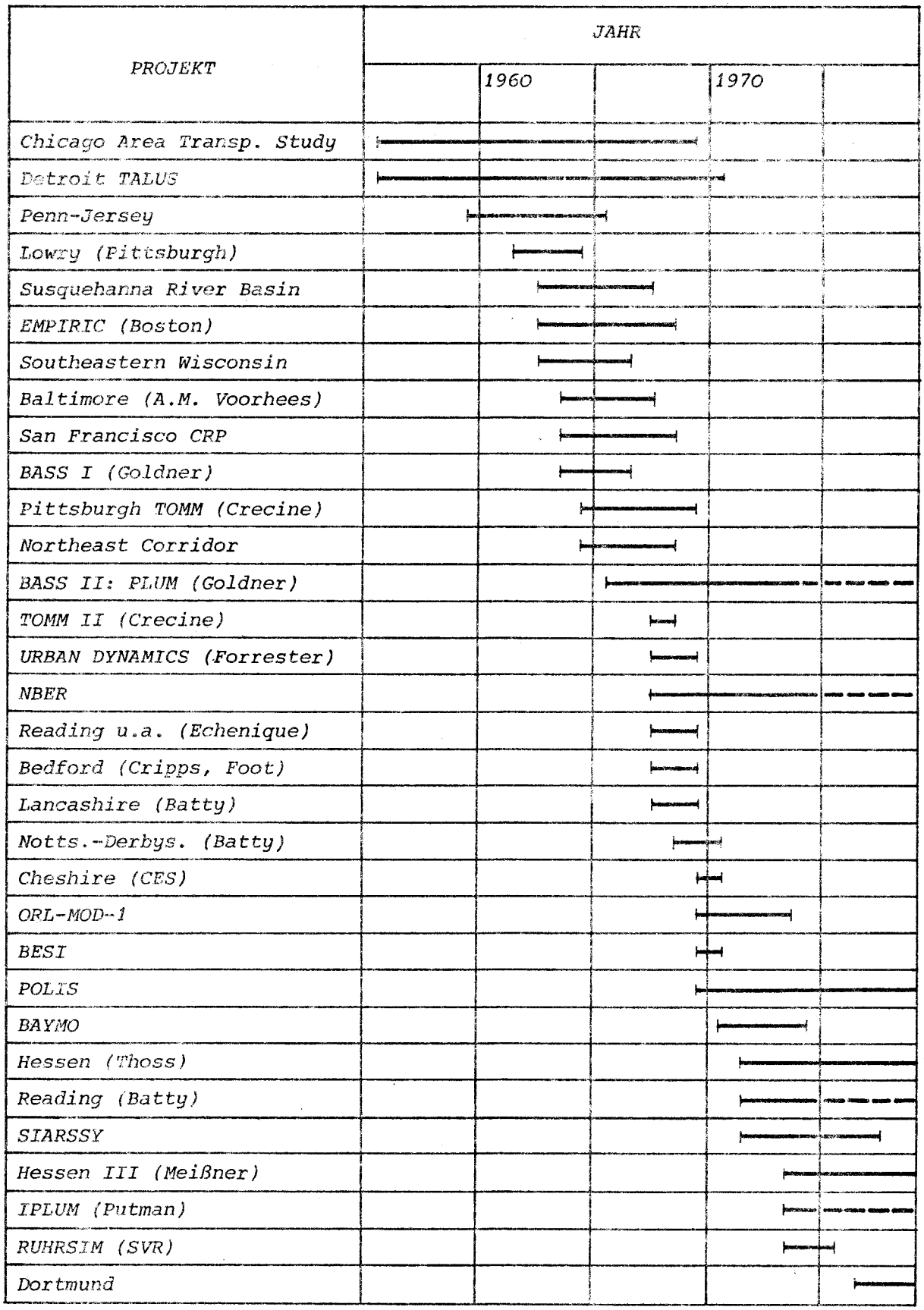

Abb. 1 Stadt- und Regionalmodelle in den USA und Westeuropa

verfrüht waren. Viele ehrgeizige Projekte wurden abgebrochen, als sie nicht unmittelbaren Erfolg brachten. Ende der sechziger Jahre war die Zeit der großen Stadt- und Regionalmodelle der ersten Generation praktisch beendet (Lee, 1973).

In jüngerer Zeit ist in den USA ein neues Interesse an Modellen für die Stadt- und Regionalplanung erwacht. In neueren Modellentwicklungen wird versucht, die Fehler der früheren Modelle durch größere Offenheit gegenüber sich verändernden Problemen, durch stärkere Beachtung der gesellschaftlichen Problemzusammenhänge und durch die Einbeziehung der Werturteile und der Kreativität der Benutzer in den Simulationsprozeß zu vermeiden. Neuere Umfrageergebnisse (Pack, 1975) zeigen, daß Stadt- und Regionalmodelle sich in den USA in der Planungspraxis durchzusetzen beginnen.

In Westeuropa tauchten die ersten Stadt- und Regionalmodelle gegen Ende der sechziger Jahre auf. Vor allem in Großbritannien wurden seit 1967 in mehreren größeren Forschungsprojekten städtische und regionale Simulationsmodelle vom Lowry-Typ entwickelt und im Rahmen von Stadtentwicklungs- oder Regionalstudien angewendet (Batty, 1972). Ebenfalls ein weiterentwickeltes Lowry-Modell stellt das am ORL-Institut der ETH Zürich entwickelte Simulationsmodell ORL-MOD dar, das für verschiedene städtische und regionale Planungsstudien in der Schweiz und vereinzelt auch in der Bundesrepublik Deutschland eingesetzt wurde (Stradal, Sorgo, 1971; Stradal, Caesar, 1975).

In der Bundesrepublik selbst entstanden zwei städtische Simulationsmodelle. Bei dem einen Modell handelt es sich um ein SIARSSY genanntes System von Teilmodellen, dessen Kernstück das erwähnte ORL-MOD ist (Popp u.a., 1974, Bucher, Konanz, 1976; Popp, 1977). Das andere Modell ist das am Frankfurter Battelle-Institut entwickelte Simula-

tionsmodell POLIS (Wegener, Meise, 1971; Battelle, 1973). POLIS wurde bisher mit Daten der Städte Köln, Wien, Darmstadt und Karlsruhe und in jüngster Zeit erneut in Köln (Ruppert, Würdemann, 1978) angewendet. Auf der Regionalebene, d.h. unterhalb der Ebene von Modellansätzen für ein ganzes Bundesland (Klatt u.a., 1974; Agnew, 1975; Meißner u.a., 1976) entstand in der Bundesrepublik nur ein Simulationsmodell: Das auf POLIS aufbauende RUHRSIM (Volwahsen u.a., 1975) diente zur Untersuchung unterschiedlicher räumlicher Verteilungen von Wohnungen und Arbeitsplätzen im Gebiet des Siedlungsverbands Ruhrkohlenbezirk. Eine Verbindung zwischen Stadt- und Regionalmodell stellt das gegenwärtig am Institut für Raumplanung der Universität Dortmund im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 26 entwickelte räumliche Mehrebenenmodell dar. Dieses Modell besteht aus drei durch Rückkopplungsbeziehungen miteinander verknüpften Teilmodellen: einem Modell der Entwicklung von Wirtschaft und Bevölkerung in 34 Arbeitsmarktregionen Nordrhein-Westfalens, einem Modell der intraregionalen Standort- und Wanderungsentscheidungen in der in 29 Zonen untergliederten Stadtregion Dortmund und einem kleinräumigen Modell der Flächennutzung in einzelnen Stadtbezirken Dortmunds (Schönebeck, Wegener, 1978).

3. Der Infrastrukturbereich in Stadt- und Regionalmodellen

Ehe nach der Rolle des Infrastrukturbereichs in Stadt- und Regionalmodellen gefragt wird, soll zunächst geklärt werden, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit man von einer Integration des Infrastrukturbereichs in ein Stadt- oder Regionalmodell sprechen kann. Aus der Sicht des oben formulierten Informationsbedarfs der integrierten Infrastrukturplanung müssen folgende Anforderungen an ein solches Modell gestellt werden:

(a) Bestand

Das Modell muß den Infrastrukturbestand nach Standort, Art und Kapazität der Einrichtungen in seinen

Bestandsvariablen enthalten, desgleichen die Netze der wesentlichen Verkehrssysteme, gegebenenfalls auch die der Leitungsinfrastruktur der Ver- und Entsorgung.

(b) Planungen

Das Modell muß Veränderungen des Infrastrukturbestands in Form von Bau- und Durchführungsmaßnahmen der öffentlichen Planungsträger verarbeiten. Diese können exogen vom Modellbenutzer vorgegeben oder endogen innerhalb des Modells erzeugt werden.

(c) Flächenbedarf

Das Modell muß den Flächenbedarf und die Standortanforderungen der geplanten Infrastruktureinrichtungen ermitteln und ihre Realisierbarkeit im Rahmen der Restriktionen der Bauleitplanung überprüfen.

(d) Kosten und Finanzierung

Das Modell muß die Investitions- und Folgekosten der geplanten Infrastruktureinrichtungen ermitteln und ihre Finanzierbarkeit im Rahmen der Restriktionen des öffentlichen Haushalts überprüfen.

(e) Nutzung

Das Modell muß die wahrscheinliche Nutzung der vorhandenen und geplanten Infrastruktureinrichtungen durch die relevanten Nutzergruppen (Haushalte, Betriebe, Altersgruppen usw.) nach ihren sozioökonomischen Merkmalen und in ihrer räumlichen Verteilung abbilden.

(f) Standortattraktivität

Das Modell muß die wahrscheinlichen positiven oder negativen Auswirkungen der geplanten Infrastrukturmaßnahmen auf die Standortattraktivität der Teilgebiete der Region aus der Sicht der unterschiedlichen

Akteure der räumlichen Entwicklung (Haushalte, Betriebe, Wohnungsbauinvestoren), d.h. auf die kleinräumigen Standort- und Wanderungsentscheidungen dieser Akteure, abbilden.

(g) Das Modell muß die Bewertung des Nutzens der geplanten Infrastruktureinrichtungen aus der Sicht der unterschiedlichen Gruppen der Gesellschaft erlauben. Eine solche Bewertung muß sowohl die direkten Auswirkungen der geplanten Einrichtungen umfassen - die verbesserte Versorgung unter Berücksichtigung der wahrscheinlichen Nutzung sowie Flächenbedarf und Kosten - als auch ihre indirekten Auswirkungen auf die räumliche Entwicklung, d.h. die räumliche Verteilung der Nutzer. Sie kann daher nur im Rahmen einer umfassenden Bewertung der kommunalen oder regionalen Gesamtentwicklung als Ganzes erfolgen.

Mißt man die bisherigen Stadt- und Regionalmodelle an diesen Anforderungen, so zeigt sich, daß kein einziges sie auch nur annähernd erfüllt. In keinem der bisherigen Modelle spielt Infrastruktur als Mittel zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Menschen eine nennenswerte Rolle, d.h. die direkten Auswirkungen der Infrastruktur bleiben weitgehend unbeachtet. Infrastruktur, soweit sie in den Modellen auftritt, wird überwiegend wegen ihrer Auswirkungen auf die Flächennutzung, d.h. als Standortfaktor, berücksichtigt. Aber selbst diese indirekten Auswirkungen der Infrastruktur werden in vielen Modellen nur stark vergröbert wiedergegeben; allgemein scheint noch große Unklarheit über Ausmaß und Art des Zusammenhangs zwischen Infrastruktur und räumlicher Entwicklung zu bestehen.

Bei den frühen amerikanischen Flächennutzungsmodellen beschränkte sich der Einfluß der Infrastruktur auf die Ermittlung von Standorterreichbarkeiten mittels modellextern berechneter Reisezeiten im Straßennetz. Lowrys Modell verzichtet sogar auf diesen Bezug zur Infrastruktur

und begnügt sich mit Luftlinienentfernungen. Bei Forrester taucht nur eine einzige Art von "Infrastrukturmaßnahme" auf: Durch Berufsfortbildungskurse werden Arbeitslose zu Facharbeitern und verändern so das Steueraufkommen der Stadt sowie die Verhältnisse auf dem Arbeitsmarkt und dem Wohnungsmarkt, was wiederum Auswirkungen auf die Attraktivität der Stadt für Haushalte und Betriebe hat.

In den Modellen ORL-MOD und SIARSSY werden bei der Verteilung der Wohnbevölkerung auf die Teilzonen des Untersuchungsgebiets neben Reisezeiten im Straßennetz und der Verkehrsanbindung im öffentlichen Nahverkehr Attraktivitätsfaktoren wie "Bildung", "Grünflächen" und "Freizeit" berücksichtigt, jedoch nur mit Hilfe grober Punktbewertungen, welche keinen Rückschluß auf die hinter diesen Begriffen stehenden Infrastruktureinrichtungen erlauben (Stradal, Caesar, 1975; Bucher, Konanz, 1976). Die neueste Version von SIARSSY (Popp u.a., 1974; Popp, 1977) enthält Verfahren zur Berechnung der Benutzer von Infrastruktureinrichtungen und ihrer Zuordnung zu den Einrichtungen sowie zur Berechnung der Kosten von Infrastrukturmaßnahmen (Abb. 2). Leider ist der Kostenteil bisher nicht ausgeführt und der Infrastrukturteil selbst nicht in das Gesamtmodell integriert, so daß Veränderungen der räumlichen Verteilung der Nutzer ebensowenig berücksichtigt werden können wie die Auswirkungen der Infrastrukturplanung auf diese Veränderungen.

Ein noch umfassenderer Ansatz, sowohl was die Art der einbezogenen Infrastrukturelemente (Verkehr, Leitungsinfrastruktur, Ausbildungs-, Sozial- und Erholungseinrichtungen), als auch was die Quantifizierung der durch Infrastrukturmaßnahmen bewirkten Aufwertungseffekte von Standorten betrifft, ist in jüngerer Zeit von Bökemann (1977) vorgelegt worden. Bökemanns Modell hat die Ermittlung einer optimalen Reihenfolge möglicher Infrastrukturmaßnahmen unter Berücksichtigung ihrer Aufwertungseffekte im Rahmen der Restriktionen des öffentlichen Haushalts zum Ziel, dafür verzichtet es auf die Abbildung

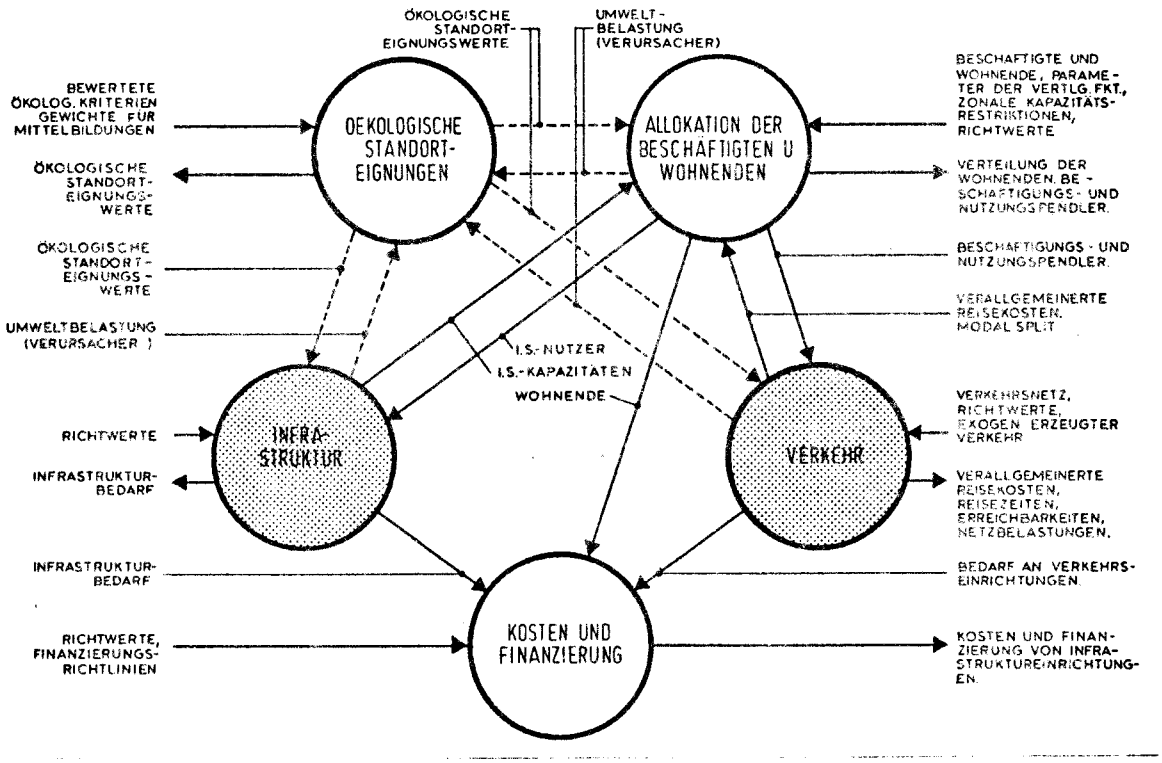

Abb. 2 Der Infrastrukturbereich im SIARSSY-Modell (Popp u.a., 1973, 56)

der zeitlichen Entwicklung von Betrieben und Haushalten und damit auf die Berücksichtigung der Standortnachfrage, der wohl wesentlichsten Rahmenbedingung der räumlichen Entwicklung einer Region.

Weitaus weniger umfassend, dafür aber vollständig in ein Stadtentwicklungsmodell integriert ist der Infrastrukturbereich im POLIS-Modell. Am Beispiel dieses Modells sollen im folgenden einige Möglichkeiten der Modellierung der Wirkungszusammenhänge zwischen Infrastruktur und räumlicher Entwicklung demonstriert werden.

4. Der Infrastrukturbereich im POLIS-Modell

POLIS ist ein räumlich disaggregiertes dynamisches Simulationsmodell der wichtigsten Aspekte der räumlichen Stadtentwicklung. Das Modell bildet das Verhalten des Systems Stadt unter dem Einfluß öffentlicher Planungsmaßnahmen und ungeplanter Marktentwicklungen ab. Ausgehend vom Zustand der Stadt im Basisjahr simuliert es die Entwicklung der räumlichen Verteilung von Einwohnern,

Arbeitsplätzen, Gebäuden und Flächen sowie des Verkehrs über mehrere Zeitstufen bis zu einem Planungshorizont.

Im POLIS-Modell wird die Stadt als ein dynamisches System sozialer, ökonomischer und technischer Beziehungen dargestellt, das sich in seiner räumlichen und zeitlichen Dimension verändert. Die räumliche Dimension des dargestellten Systems wird durch die Einteilung des Untersuchungsgebiets und seines Umlands in Teilgebiete (Zonen) sowie durch deren Verknüpfung über die Verkehrsnetze des öffentlichen Personennahverkehrs und des Straßenverkehrs im Modell realisiert. Das Modell erhält seine zeitliche Dimension dadurch, daß nicht nur ein einziger Systemzustand, sondern die Veränderung des Systems über mehrere Zeitintervalle (Perioden) untersucht wird.

Der Zustand der Teilzonen des Untersuchungsgebiets wird durch Statusvariablen aus den Bereichen Einwohner, Arbeitsplätze, Gebäude, (örtliche) Infrastruktur, Flächennutzung und Verkehr beschrieben (Abb. 3). Die örtliche Infrastruktur wird durch folgende Datengruppen erfaßt:

- Kindertagesstätten nach Altersgruppe
- Schulen nach Schulart
- Hochschulen
- Jugendfreizeitheime
- Altenclubs
- Altenheime
- Krankenhäuser
- Öffentliche Grünanlagen
- Sporteinrichtungen nach Art
- Parkplätze

Alle diese Infrastrukturdaten enthalten Angaben über die Größe oder Kapazität der jeweiligen Einrichtung (Plätze, Klassen, Räume, Betten, ha usw.). Die zwischenörtliche Infrastruktur, d.h. das System des fließenden Verkehrs, wird durch Streckendaten der wichtigsten Teilstrecken des öffentlichen Personennahverkehrsnetzes und des Straßennetzes dargestellt.

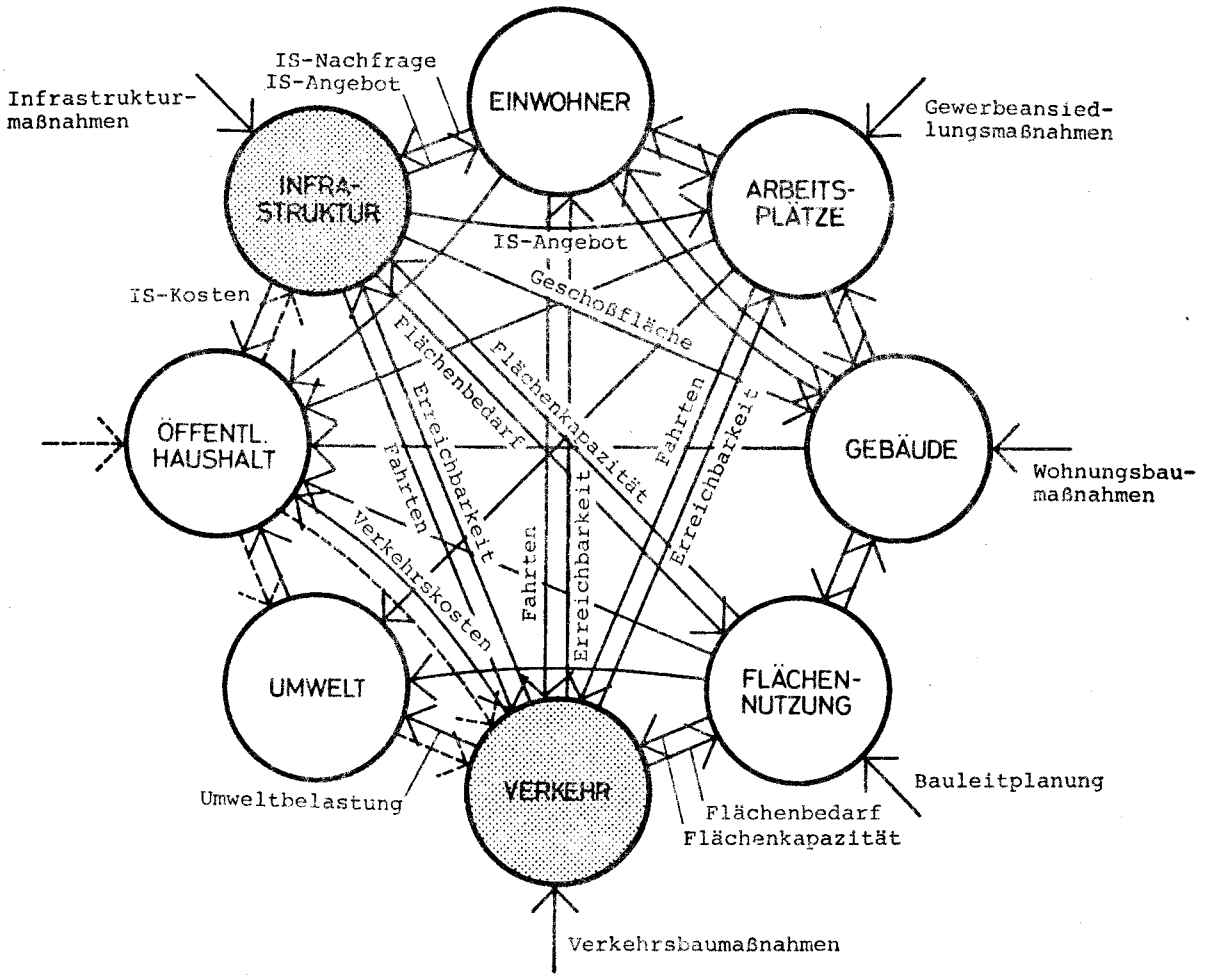

Abb. 3 Der Infrastrukturbereich im POLIS-Modell

Die Statusvariablen werden mit ihren Anfangswerten, die den Zustand des Systems Stadt zu Beginn der Simulation beschreiben, in das Modell eingegeben. In der Folge unterliegen sie verschiedenen Arten von Veränderungen: Die erste Art von Veränderungen vollzieht sich völlig oder überwiegend außerhalb des Einflußbereichs der öffentlichen Planung. Diese Veränderungen haben entweder ihre Ursachen in biologischen oder technischen Grundgegebenheiten oder langfristigen sozioökonomischen Trends, oder sie werden durch Individualentscheidungen von Bauherrn, Mietern oder Verkehrsteilnehmern ausgelöst. Diese Veränderungen werden als der "Markt"-Sektor des Modells bezeichnet. Die zweite Art von Veränderungen umfaßt die bewußten Eingriffe der Stadt und anderer öffentlicher Planungsträger in die Stadtentwicklung. Sie machen den "Planungs"-Sektor des Modells aus.

"Planung" und "Markt" stehen zueinander in einem engen Wechselverhältnis (Abb. 4):

	PLANUNG	MARKT
PLANUNG	P-P	P-M
MARKT	M-P	M-M

Abb. 4 Planung und Markt im POLIS-Modell

Beispiele für Wechselwirkungen, die im POLIS-Modell abgebildet werden, sind:

- Die Stadt erschließt neue Wohngebiete und errichtet selbst Wohnungen. Sie muß mit der Einrichtung von Schulen, Kindergärten und Buslinien nachfolgen (P-P).

- Öffentliche Infrastrukturmaßnahmen ziehen Investitionen privater Bauherrn nach sich: Büronutzung verdichtet sich an U-Bahn-Knoten, Wohngebäude werden in neu erschlossenen Baugebieten errichtet (P-M).

- Private Bauherrn errichten Wohngebäude oder Betriebe. Die Stadt muß die Versorgung und Erschließung des Baugebiets sicherstellen (M-P).

- Private Dienstleistungs- und Einzelhandelsbetriebe folgen sich verlagernden Bevölkerungsschwerpunkten (M-M).

Die Simulation einer Periode (Abb. 5) beginnt mit der Analyse des Zustands des Systems Stadt zu Beginn der Pe-

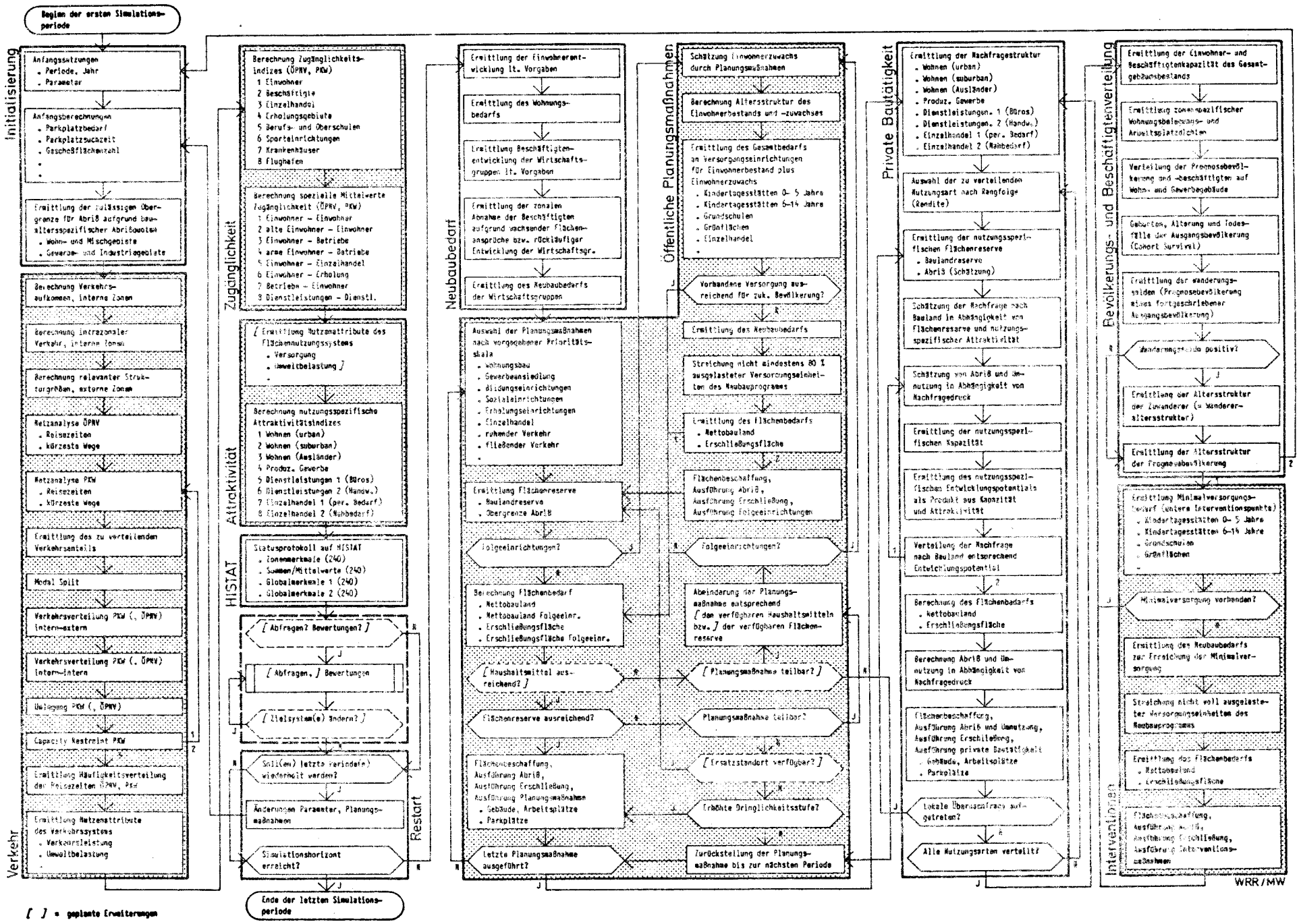

Abb. 5 Der Infrastrukturbereich im POLIS-Modell (Battelle, 1974, 29)

riode. Die Statusanalyse beginnt mit der Simulation des Verkehrsgeschehens eines typischen Tages. Aus dem Verkehrsmodell ergeben sich unter Berücksichtigung der Netzbelastungen Reisezeiten zwischen allen Zonen. Mit Hilfe der Reisezeiten werden Erreichbarkeitswerte der Zonen berechnet, die deren Lage zu den verschiedenen Nutzungen und Infrastruktureinrichtungen des Stadtgebiets unter Berücksichtigung der vorhandenen Verkehrsverbindungen ausdrücken. Aus diesen Lagemerkmalen und aus Strukturmerkmalen, die die Wirtschafts-, Bevölkerungs- und Bebauungsstruktur der Zone selbst und ihre Ausstattung mit Infrastruktureinrichtungen und privaten Dienstleistungen beschreiben, werden für jede Zone nutzungsspezifische Attraktivitätsindizes ermittelt.

Die Attraktivitätsindizes sind Schlüsselvariablen der Simulation. Sie dienen dazu, das Entscheidungsverhalten von Grundstückskäufern, standortgebundenen Gewerbe- und Industriebetrieben, Bauherrn und Mietern im später folgenden Modell der privaten Bautätigkeit abzubilden. Die Attraktivität einer Zone für eine bestimmte Nutzung ist dabei ein Maß für die relative Stärke der Nachfrage nach Bauland für diese Nutzung in der Zone. Das mathematische Modell, mit dem Präferenzen der Nutzergruppen abgebildet werden, ist ein additives Nutzenmodell:

$$A_{in} = \sum_{m} g_{mn} \cdot u_{mn}(a_{im}) \qquad (1)$$

mit

A_{in} Attraktivität der Zone i für die Nutzung n

g_{mn} Gewicht des Merkmals m für die Nutzung n

u_{mn} Nutzenfunktion des Merkmals m für die Nutzung n

a_{im} Merkmal m der Zone i

Dabei können die Zonenmerkmale, wie gesagt, entweder Lage- oder Strukturmerkmale sein:

$$a_{im} = \begin{cases} e_{ikl} = \sum_j \dfrac{\dfrac{v_{jk}}{d_{ijl}^{x_k}}}{\sum_j \dfrac{v_{jk}}{d_{ijl}^{x_k}}} \cdot d_{ijl} \\ \\ s_{ik} = f_m(v_{ik}) \end{cases} \qquad (2)$$

mit

e_{ikl} Erreichbarkeit der Variablen k von der Zone i aus mit der Verkehrsart l

v_{ik} Variable k der Zone i

d_{ijl} Reisezeit zwischen den Zonen i und j mit der Verkehrsart l

x_k Reisezeitexponent des Fahrtentyps k

s_{ik} Strukturmerkmal k der Zone i

f_m Erzeugungsfunktion des Merkmals m

Infrastrukturinvestitionen können also auf zweierlei Weise eine Veränderung der Attraktivitätsindizes bewirken: Verkehrsinvestitionen über eine Veränderung der Reisezeiten d_{ijl}, alle übrigen Infrastrukturmaßnahmen über die Rohmerkmale oder Variablen v_{ik} der Zonen.

Die Rohmerkmale v_{ik} gehen in zweifach transformierter Form in das Attraktivitätsmodell ein: Durch die Erzeugungs- bzw. Erreichbarkeitsfunktionen werden sie in die Attraktivitätsmerkmale a_{im} umgewandelt. Diese werden anschließend durch die Nutzenfunktionen auf einer normierten Nutzenskala abgebildet, so daß sie additiv zu den Attraktivitätsindizes A_{in} zusammengefaßt werden können. Die Attraktivität A_{in} eines Standorts ist in der Regel für unterschiedliche Nutzungen n unterschiedlich hoch, da unterschiedliche Nutzungsarten, z.B. produzierendes Gewerbe und Einzelhandel, unterschiedliche Anforderungen an Lage und Ausstattung eines Standorts stellen. Die unterschiedlichen Standortanforderungen kommen im Attraktivitätsmodell durch die unterschiedliche Auswahl von Attraktivitätsmerkmalen und unterschiedliche Gewichte und Nutzenfunktionen zum Ausdruck (Abb. 6 und 7).

		Infrastrukturmerkmale	Wohnen Mehr-familienhäuser	Wohnen Ein-familienhäuser	Produzierendes Gewerbe	Büros	Handwerk	Einzelhandel period. Bedarf	Einzelhandel tägl. Bedarf
Lagemerkmale	EEO	Erreichbark. Einwohner ÖV			10.0	10.0	16.7	10.0	16.7
	EEP	Erreichbark. Einwohner IV			15.0	10.0	16.7	10.0	16.7
	EAO	Erreichbark. Arbeitspl. ÖV	10.0	6.0		5.0			
	EAP	Erreichbark. Arbeitspl. IV	10.0	8.0		20.0			
	EEHO	Erreichbark. Einzelh. ÖV	20.0	4.0				10.0	
	EEHP	Erreichbark. Einzelh. IV	20.0	4.0				5.0	
			60.0	22.0	25.0	45.0	33.3	35.0	33.3
Strukturmerkmale	BPE	Besch. Prod. Gew. je Einw.	4.0	5.0	12.0				
	BDE	Besch. Dienstl. je Einw.	6.0	5.0		17.0	33.3		
	BEHE	Besch. Einzelh. je Einw.	8.0	5.0		8.0		15.0	33.3
	BEH	Besch. Einzelhandel						20.0	
	EH	Einwohner je ha					33.3	2.0	33.3
	BEHH	Besch. Einzelhandel je ha						20.0	
	PAE	Anteil Ausl. an d. Einw.	4.0	5.0					
	PGN	Anteil Neubauten seit 1948	3.0	5.0					
	PKKT	Ki. in Kindertagesstätten	3.0	10.0					
	GSKF	Grundschulklassenfrequenz	2.0	8.0					
	PGRF	Anteil Grünfläche	4.0	12.0		5.0			
	PSF	Anteil Straßenfläche			8.0	5.0		3.0	
	PWEP	Parkplatzangebot	2.0			10.0		2.0	
	PEF	Anteil Eisenbahnfläche			15.0				
	VL	Verkehrslärm		5.0					
	LV	Luftverschmutzung		4.0					
	PBLR	Anteil Baulandreserve			35.0				
	HNN	Höhe über NN		10.0					
	GFZW	GFZ Wohn- u. Mischgeb.	4.0	4.0		10.0		3.0	
	GFZG	GFZ Gew.- u. Ind.geb.			5.0				
			40.0	78.0	75.0	55.0	66.7	65.0	66.7

Abb. 6 Infrastrukturmerkmale im POLIS-Attraktivitäts-modell: Gewichte (Beispiele)

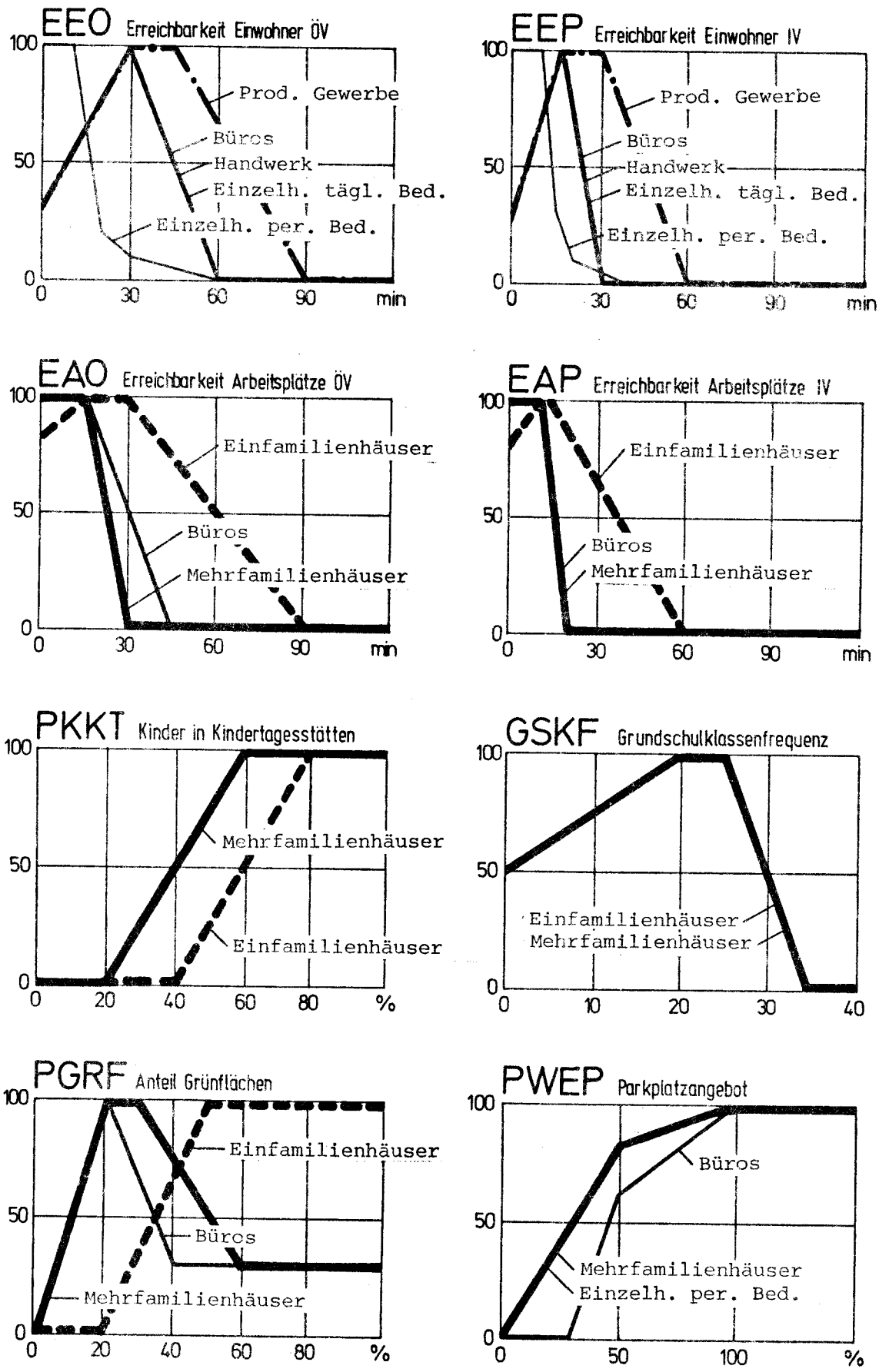

Abb. 7 Infrastrukturmerkmale im POLIS-Attraktivitäts-modell: Nutzenfunktionen (Beispiele)

Nach der Statusanalyse beginnt der Allokationsteil des Modells. Er enthält alle Teilmodelle, durch die Veränderungen der Verteilung von Einwohnern, Arbeitsplätzen, Infrastruktur und privaten Dienstleistungen auf die Zonen bewirkt werden.

Zuerst werden die öffentlichen Baumaßnahmen der Periode auf im Flächennutzungsplan ausgewiesenen Flächen ausgeführt. Das Modell erlaubt die Eingabe von zeitlich und räumlich disaggregierten Bauprogrammen auf den Gebieten Wohnungsbau, Gewerbeansiedlung, Infrastruktur und Verkehr. Der Katalog der möglichen Infrastrukturmaßnahmen umfaßt alle in den Bestandsdaten enthaltenen Einrichtungen:

- Kindertagesstätten nach Altersgruppe
- Schulen nach Schulart
- Hochschulen
- Jugendfreizeitheime
- Altenclubs
- Altenheime
- Krankenhäuser
- Öffentliche Grünanlagen
- Sporteinrichtungen nach Art
- Parkplätze

Die möglichen Verkehrsmaßnahmen umfassen Neubau, Ausbau und Auflassung von Teilstrecken im Schienen- und im Straßennetz sowie Linien- und Fahrplanänderungen im öffentlichen Personennahverkehr.

Bei allen Baumaßnahmen werden zugleich die erforderlichen Erschließungsflächen und Parkplätze ausgeführt, bei Wohnungsbaumaßnahmen auch Folgeeinrichtungen wie Kindertagesstätten, Grundschulen und Naherholungsflächen, soweit nicht in der betreffenden Zone eine auch für die zusätzlichen Einwohner ausreichende Versorgung vorhanden ist. Steht für eine Maßnahme nicht genügend Fläche zur Verfügung, kann auch bisher landwirtschaftlich genutzte

oder sonstige unbebaute Fläche, sofern sie nicht ausdrücklich für andere Nutzungen vorgesehen ist, in Anspruch genommen werden, oder es kann durch Abriß vorhandener Bausubstanz Baufläche gewonnen werden. Wegen Flächenmangels nicht realisierbare Maßnahmen werden abgemindert oder zurückgestellt.

Zugleich werden die Investitions- und Folgekosten aller durchgeführten Baumaßnahmen ermittelt. Eine Überprüfung der finanziellen Realisierbarkeit der Maßnahmen findet in der gegenwärtigen Fassung des Modells nicht statt.

Der durch die öffentlichen Baumaßnahmen nicht abgedeckte Teil des Neubaubedarfs der Periode verteilt sich im Rahmen der Restriktionen der Bauleitplanung nach den Verhaltensmustern von Angebot und Nachfrage durch private Bautätigkeit auf die Zonen des Untersuchungsgebiets. Folgende Nutzungsarten werden berücksichtigt:

- Wohnen, Mehrfamilienhäuser
- Wohnen, Einfamilienhäuser
- Produzierendes Gewerbe
- Büros
- Einzelhandel, periodischer Bedarf
- Einzelhandel, täglicher Bedarf

Für jede Nutzungsart wird die wahrscheinliche Verteilung der privaten Bautätigkeit aufgrund der Attraktivität und des Flächenangebots der Zonen für die betreffende Nutzungsart geschätzt. Dies geschieht für alle Nutzungsarten in ähnlicher Weise: Als Entwicklungspotential einer Zone für eine bestimmte Nutzung wird die mit der nutzungsspezifischen Attraktivität gewichtete Kapazität der Zone für diese Nutzung bezeichnet. Die Verteilung der Neubautätigkeit auf die Zonen geschieht proportional zu ihren nutzungsspezifischen Entwicklungspotentialen. Die Kapazität einer Zone für eine Nutzung ist abhängig von der Baulandreserve der Zone und der in ihr zulässigen Bebauungsart und -dichte sowie vom spezifischen Flächenbe-

darf der Nutzungsart. Bei starker Flächennachfrage wird ein Teil der Nachfrage durch Abriß oder Verdrängung vorhandener Nutzungen gedeckt.

Mathematisch lautet das Modell der privaten Bautätigkeit:

$$K_{in} = \frac{B_{in} + D_{in}}{\frac{r_n}{q_{in}}} \qquad (3)$$

$$P_{in} = K_{in} \cdot A_{in}^{y_n} \qquad (4)$$

$$Z_{in} = N_n \cdot \frac{P_{in}}{\sum_j P_{in}} \qquad (5)$$

mit

K_{in} Kapazität der Zone i für die Nutzung n
B_{in} Baulandreserve der Zone i für die Nutzung n
D_{in} Abrißfläche der Zone i für die Nutzung n
r_n Geschoßflächenbedarf je Nutzungseinheit n
q_{in} Geschoßflächenzahl der Zone i für die Nutzung n
P_{in} Entwicklungspotential der Zone i für die Nutzung n
A_{in} Attraktivität der Zone i für die Nutzung n
y_n Attraktivitätsexponent der Nutzung n
Z_{in} Bautätigkeit in der Zone i für die Nutzung n
N_n Gesamtnachfrage nach Nutzungseinheiten der Nutzung n

Nach der Simulation der Bautätigkeit erfolgt die Verteilung der Prognosebevölkerung und -beschäftigten auf die vorhandene Wohn- und Gewerbebebauung einschließlich der Fortschreibung der jeweiligen Alters-, Sozial- und Beschäftigtenstruktur.

Hier wird ein grundsätzlicher Mangel des POLIS-Modells sichtbar: das Fehlen eines Wohnungsmarktteils. Dieser Mangel ist besonders bedauerlich, weil der Wohnungsmarkt neben der privaten Bautätigkeit der zweite große Bereich ist, in dem Infrastrukturvariablen auf das Ent-

scheidungsverhalten der für die Stadtentwicklung relevanten privaten Akteure einwirken. Auf dem Wohnungsmarkt sind die Akteure die privaten Haushalte, die ihre kleinräumigen Wanderungsentscheidungen unter Berücksichtigung des Wohnungsangebots und ihrer räumlichen Präferenzen fällen. Diese räumlichen Präferenzen lassen sich analog zum Modell der privaten Bautätigkeit in Form haushaltstypspezifischer Attraktivitätsindizes der Zonen erfassen, in denen Lage und Infrastrukturausstattung der Zonen eine Rolle spielen.

Ein solcher mikroanalytischer Ansatz zur Einbeziehung von Wohnungsumfeldvariablen in ein Wohnungsmarktmodell ist in jüngerer Zeit in einigen der im Auftrag des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau durchgeführten regionalen Wohnungsmarktanalysen verfolgt worden. Am Institut für Raumplanung der Universität Dortmund wird gegenwärtig im Rahmen des erwähnten räumlichen Mehrebenenmodells an einem mikroanalytischen Modell des regionalen Wohnungsmarkts als Teil des Modells der intraregionalen Wanderungen gearbeitet, in dem neben der Lage und Infrastrukturausstattung der Wohnungsumgebung auch die Lage des Arbeitsplatzes in die Wanderungsentscheidungen der Haushalte eingeht (Schönebeck, Wegener, 1978). Die Integration eines solchen Wohnungsmarktmodells in das POLIS-Modell würde die Abbildung der Auswirkungen der Infrastruktur auf die räumliche Stadtentwicklung in POLIS vervollständigen.

Am Schluß der Simulation jeder Periode überprüft das POLIS-Modell die Versorgung der Bevölkerung mit den wichtigsten Infrastruktureinrichtungen. Wird in einzelnen Zonen eine erhebliche Unterversorgung festgestellt, setzt eine zweite, diesmal vom Modell generierte Phase der öffentlichen Bautätigkeit ein. Diese besteht darin, daß die Stadtverwaltung in den betroffenen Zonen durch Sofortmaßnahmen ("Interventionen") die Unterversorgung beseitigt oder entschärft. Die Lage der kritischen "unteren Interventionspunkte" wird vom Modellbenutzer festgelegt.

Infrastruktureinrichtungen können im POLIS-Modell also auf drei verschiedene Arten entstehen: erstens exogen durch "Planungseingriffe" des Modellbenutzers, zweitens endogen als Folgeeinrichtungen von Wohnungsbaumaßnahmen (P-P) und drittens, ebenfalls endogen, als "Interventionen" (M-P).

Mit der Ausführung der Interventionen ist die Simulation der Periode beendet.

Das Modell macht nach jeder Simulationsperiode für jede simulierte Planungsvariante räumlich und zeitlich differenzierte Aussagen über die Entwicklung von Bevölkerung, Arbeitsplätzen, Gebäuden, Flächennutzung, Verkehr und Umwelt. Nach Durchlaufen aller Simulationsperioden wird die Gesamtentwicklung der Zonen und der wichtigsten Leistungsmaße des Verkehrssystems zusammengefaßt. Abschließend wird für jede Planungsvariante eine Bilanz der wichtigsten durch sie verursachten Kosten und Nutzeneffekte aufgestellt. Diese Bilanz soll die technischen, ökonomischen und sozialen Vor- und Nachteile der Planungsvariante aus der Sicht der verschiedenen betroffenen Gruppen der Stadt gegenüberstellen.

In der Kostenbilanz werden die wichtigsten durch die Planungsvariante verursachten einmaligen und wiederkehrenden Einnahmen und Ausgaben der Stadt und anderer beteiligter Gruppen (Bund, Land/Kreis, Verkehrsbetriebe, Verkehrsbenutzer, Bauherrn und Mieter) berechnet und in einer Matrix der Zahlungsströme zwischen diesen Gruppen in den einzelnen Perioden dargestellt.

Die Nutzenbilanz besteht aus einer Reihe von Kennziffern, die den durch die Planungsvariante verursachten, nicht ohne weiteres in Geld meßbaren Nutzen bzw. Schaden zum Ausdruck bringen. Die Kennziffern werden für jede Periode angegeben, so daß ihre Entwicklung über den Simulationszeitraum verfolgt werden kann. Die Nutzeneffekte des Verkehrssystems werden für verschiedene betroffene Gruppen der Stadt dargestellt: die Verkehrsbenutzer,

die Einwohner insgesamt, Minderheiten wie alte oder arme Einwohner und die Betriebe. Diesen Nutzeneffekten werden die durch den Verkehr verursachten Schäden gegenübergestellt: Unfalltote und -verletzte, Sachschäden, Umweltbelastung (Luftverschmutzung, Lärm) und Flächenverbrauch.

Die Kosten- und Nutzenbilanz entstammt einer frühen Phase der Modellentwicklung und ergibt nur eine sehr grobe und unvollständige Bewertung der simulierten Planungsvarianten. In einer späteren Arbeitsphase wurde daher dem POLIS-Modell ein computerunterstütztes Bewertungsverfahren nachgestellt, das eine mehrdimensionale Bewertung der Simulationsergebnisse aus der Sicht unterschiedlicher Zielsysteme unterschiedlicher sozioökonomischer Gruppen erlaubt (Battelle, 1974; Bauer u.a., 1975). Die ebenfalls geplante Weiterentwicklung des Kosten- und Finanzierungsteils konnte bisher nicht verwirklicht werden.

5. Schlußfolgerungen

Zusammenfassend läßt sich feststellen: Stadt- und Regionalmodelle stellen grundsätzlich eine Möglichkeit - vielleicht sogar die einzige - dar, die für eine vorausschauende, in die Planung der kommunalen oder regionalen Gesamtentwicklung integrierte Infrastrukturplanung benötigten Informationen bereitzustellen. Jedoch ist keines der bisher vorhandenen Modelle für diese Aufgabe genügend ausdifferenziert. Die direkten Auswirkungen der Infrastruktur für die Qualität der Lebensbedingungen der Bewohner spielt in fast keinem der Modelle eine Rolle, Infrastruktur fungiert in den Modellen fast ausschließlich als Standortfaktor, obwohl der Zusammenhang zwischen Infrastruktur und räumlicher Entwicklung noch weitgehend ungeklärt ist.

Für dieses Defizit der Modelle gibt es zwei Gründe:

Der erste und einfachste Grund ist, daß die Mehrzahl der Modelle nicht für die Infrastrukturplanung, sondern für die Planung der Flächennutzung, d.h. der Verteilung von Einwohnern und Arbeitsplätzen, konzipiert wurde. Folgerichtig wurde der Infrastrukturbereich nur so weit in die Modelle einbezogen, als es für diesen Zweck notwendig war.

Der zweite Grund liegt in den erheblichen Schwierigkeiten, die bei der Anwendung der Modelle in der Praxis auftraten. Da die Automation der Datenverarbeitung in der öffentlichen Verwaltung noch in den Anfängen steckte, war die Beschaffung der von den Modellen benötigten Daten sehr aufwendig und zum Teil unmöglich, so daß die Modelle nur unzureichend geeicht werden konnten. Überdies waren die Modelle zu kompliziert (und zu schlecht dokumentiert), um von den Planern in der Verwaltung nachvollzogen oder gar selbständig angewendet zu werden. Die Folge war, daß das anfängliche Interesse an den Modellen bald nachließ, und die Modelle nicht in dem Maße weiterentwickelt wurden, wie es nötig und möglich gewesen wäre.

Daß das Problem der Operationalisierung des Zusammenhangs zwischen Infrastruktur und räumlicher Entwicklung noch keineswegs als gelöst betrachtet werden kann, haben die jüngsten praktischen Anwendungen von Stadt- und Regionalmodellen bestätigt. Alle neueren Anwendungsberichte (Stradal, Caesar, 1975; Bucher, Konanz, 1976; Popp, 1977; Bökemann, 1977; Ruppert, Würdemann, 1978) stimmen darin überein, daß, abgesehen vom Verkehr, der Einfluß der Infrastruktur auf die Standortbewertung in Form von Bodenpreisen oder Attraktivitätsindizes nur schwer nachzuweisen ist.

Dieser übereinstimmende Befund kann verschiedene Ursachen haben:

Erstens könnte es sein, daß in den verfügbaren Meßgrößen der wirkliche Nutzen der Infrastruktureinrichtungen nicht zum Ausdruck kommt. So sagt etwa die Fläche einer Grünan-

lage nichts aus über ihre Eignung zum Spielen, Erholen oder Spazierengehen. Die Beliebtheit eines Jugendzentrums hängt mehr vom Einfallsreichtum und Geschick seiner Leitung ab als von seiner Grundfläche oder der Zahl seiner Räume. Auch sind die Verfahren zur Bewertung der Lage von Infrastruktureinrichtungen bei unterschiedlich großen Einzugsbereichen, d.h. zur Zuordnung zwischen Einrichtungen und Nutzern, noch entweder zu grob oder zu kompliziert und vor allem nicht standardisiert, so daß hierfür Normen oder Richtwerte weder entwickelt noch herangezogen werden können.

Zweitens könnte es sein, daß die Bedeutung der Infrastruktur als Standortfaktor bei intraregionalen Standortentscheidungen tatsächlich nur gering ist. So ist zu vermuten, daß Infrastruktureinrichtungen, die ohnehin überall vorhanden sind, oder die mit technischen Mitteln überall verfügbar gemacht werden können (Beispiel: Schule durch Schulbus), bei der Bewertung eines Standorts kaum mehr berücksichtigt werden. Zudem dürften die meisten Standortentscheidungen weitgehend durch ökonomische Gründe bestimmt sein, die für die Berücksichtigung nicht unbedingt notwendiger Standortvorteile wenig Spielraum lassen. Bei den Betrieben sind dies direkte Ansiedlungserleichterungen wie Übernahme der Erschließungskosten durch die Gemeinde, direkte Subventionen oder Kredite. Bei den Haushalten, vor allem denen mit geringem Einkommen, steht die Befriedigung der dringendsten Wohnbedürfnisse, d.h. die Größe und Ausstattung der Wohnung, im Vordergrund und erlaubt nur selten auch eine Berücksichtigung des Wohnungsumfelds.

Treffen diese Vermutungen zu, so besagen sie, daß die Infrastrukturplanung ein relativ schwaches Steuerungsinstrument zur Beeinflussung der räumlichen Entwicklung einer Region ist. Bezogen etwa auf die aktuelle Fragestellung der "Stadtflucht", d.h. der in allen Ballungsgebieten zu beobachtenden tendenziellen Abwanderungen der Bevölkerung aus dem Zentrum in die Randzonen, würde

das bedeuten: Durch eine gute Infrastrukturausstattung wird niemand an der Abwanderung gehindert, aber durch eine schlechte Infrastrukturversorgung werden weitere Haushalte vertrieben.

Allerdings ist zu fragen, inwieweit diese Schlußfolgerung auch in der Zukunft gültig sein wird. Mehrere Gründe sprechen für eine wachsende Bedeutung der Infrastruktur bei kleinräumigen Standortentscheidungen. So dürfte bei der Standortwahl von Unternehmen schon wegen verschärfter Umweltschutzauflagen das Vorhandensein einer ausreichenden Entsorgungsinfrastruktur eine immer stärkere Rolle spielen. Bei den kleinräumigen Wanderungen, d.h. auf dem Wohnungsmarkt, dürfte die Bedeutung der Infrastrukturvariablen in dem Maße zunehmen, in dem sich bei abnehmender Bevölkerung und weitgehender Befriedigung der dringendsten Wohnbedürfnisse der Spielraum für die Berücksichtigung der Wohnungsumfeldqualität vergrößert.

Hieraus ergeben sich unmittelbar Vorschläge für die weitere Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Stadt- und Regionalmodelle. Das wohl gravierendste Forschungsdefizit besteht im Bereich des Messens des Nutzens von Infrastruktureinrichtungen. Dabei ist zu unterscheiden zwischen der Bewertung aus der Sicht der privaten Akteure der räumlichen Entwicklung, d.h. bei Standort- und Wanderungsentscheidungen, und der Bewertung aus der Sicht der öffentlichen Planung, für die Gesichtspunkte der Verteilungsgerechtigkeit eine Rolle spielen. Gelingt es, differenziertere Maße für den Nutzen von Infrastruktureinrichtungen zu entwickeln, wird sich wahrscheinlich schon allein hierdurch der Erklärungswert der Infrastrukturvariablen in den Modellen erhöhen. Eine zweite dringende Forschungsaufgabe liegt im Bereich der Kosten und der Finanzierung der Infrastruktur. Ohne eine modellmäßige Erfassung dieses Bereichs einschließlich seiner Einbindung in die öffentlichen Haushalte hängen alle Versuche einer in die kommunale oder regionale Gesamtentwicklungsplanung integrierten Infrastrukturplanung in der Luft.

Literaturverzeichnis

Agnew, M. (1975): A Multi-Regional Recursive Programming Model of the State of Hessen. In: Forschungen aus Raumordnung und Raumwirtschaft. Wiss. Jahresbericht 1974-1975, SFB 26, Münster, 1975. Bd. 1, 41-122.

Battelle-Institut e.V. (1973): Simulationsmodell POLIS. Benutzerhandbuch. Forschungsbericht 03.012, Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau. Bonn, 1973.

Battelle-Institut e.V. (1974): Das kommunale Simulationslaboratorium. Frankfurt, 1974.

Batty, M. (1972): Recent Developments in Land-Use Modelling: A Review of British Research. In: Urban Studies. Vol. 9 (1972), No. 2, 151-177.

Bauer, V., J. Meise, W.-R. Ruppert, M. Wegener (1975): Simulation, Evaluation, Conflict Analysis, and Learning in Urban Planning. Battelle-Institut e.V. Frankfurt, 1975.

Bökemann, D. (1974): Planungsbezogene Standorttheorie. Beziehungen zwischen Infrastruktur und Flächennutzung. Wien, 1974.

Bökemann, D. (1977): Infrastrukturpolitische Alternativen im Rahmen des Flächennutzungsplanes der Stadt Karlsruhe. Wien und Karlsruhe, 1977.

Bucher, J., W. Konanz (1976): Empirische Untersuchungen mit einem Modell der kleinräumigen Allokation in der Region Bern. Bern, 1976.

Forrester, J.W. (1969): Urban Dynamics. Cambridge, Mass., 1969.

Goldner, W. (1971): The Lowry Model Heritage. In: AIP Journal. Vol. 37 (1971), No. 2, 100-110.

Klatt, S., J. Kopf, B. Kulla (1974): Systemsimulation in der Raumplanung. Hannover, 1974.

Lee, D.B. Jr. (1973): Requiem for Large-Scale Models. In: AIP Journal. Vol. 39 (1973), No. 3, 163-178.

Lowry, I.S. (1964): A Model of Metropolis. Memorandum RM-4035-RC. Rand Corporation. Santa Monica, Calif., 1964.

Meißner, W., H. Apel, W. Fassing, M. Tschirschwitz (1976): Ökonomische Aspekte des Umweltproblems. In: E. Billeter, M. Cuénod, S. Klaczko, Hrsg. (1976): Overlapping Tendencies in Operations Research, Systems Theory, and Cybernetics. Basel/Stuttgart, 1976, 198-248.

Pack, J.R. (1975): The Use of Urban Models. In: AIP Journal. Vol. 41 (1975), No. 3, 191-199.

Popp, W. u.a. (1974): Entwicklung des Planungsmodelles SIARSSY. Forschungsbericht 03.018. Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau. Bonn, 1974.

Popp, W., Hrsg. (1977): SIARSSY. Ein Modell zur Simulation von städtischen und regionalen Systemen. Bern und Stuttgart, 1977.

Ruppert, W.-R., G. Würdemann (1978): Anwendung des Simulationsmodells POLIS für die Stadtentwicklungsplanung Köln. Battelle-Institut e.V. Frankfurt, 1978.

Schönebeck, C., M. Wegener (1978): A Multi-Level Dynamic Simulation Model of Inter-Regional and Intra-Regional Migration. Arbeitspapier Nr. 11, Sonderforschungsbereich 26 Münster. Dortmund, 1978.

Stradal, O., J. Caesar (1975): Anwendung des ORL-MOD-Modells für die regionale Entwicklungsachse von Hamburg nach Kaltenkirchen. Zürich und Hamburg, 1975.

Stradal, O., L. Sorgo (1971): ORL-MOD-1: Ein Modell zur regionalen Allokation von Aktivitäten. Bericht 24.1. ORL-Institut der ETH Zürich, 1971.

Volwahsen, A., J. Meise, H. Feldmann, D. Breeding, W. Siemering (1975): Siedlungsstruktur im Ruhrgebiet. Stadtbauplan GmbH. Essen-Darmstadt, 1975.

Wegener, M., J. Meise (1971): Stadtentwicklungssimulation. In: Stadtbauwelt 29 (1971), 26-31.

A R B E I T S P A P I E R E

1. U. Sonnenschein: Abgrenzung der Arbeitsmarktregion Dortmund mit Hilfe der Input-Output-Analyse (Dezember 1976)

2. K. Lüthje, J. de Wendt: Bestimmung wanderungsrelevanter Haushaltstypen (Dezember 1976)

3. Kleinräumige Standortwahl und intraregionale Mobilität: Arbeitsplan (Januar 1977)

4. Kleinräumige Standortwahl und intraregionale Mobilität: Programmierrichtlinien Fortran (Februar 1977)

5. C. Schönebeck: SYSTEM-DYNAMICS-Modelle in der Raumplanung (Februar 1977)

7. C. Schönebeck, M. Wegener: Kleinräumige Standortwahl und intraregionale Mobilität: Die Raum-Zeit-Struktur des Modells (Mai 1977)

8. M. Vannahme: Kleinräumige Standortwahl und intraregionale Mobilität: Umrechnungstabellen für die räumliche Gliederung (Juli 1977)

9. R. Pach: Kleinräumige Standortwahl und intraregionale Mobilität: Datenkatalog (Oktober 1977)

10. J. Herfort, W. Mende: Kleinräumige Standortwahl und intraregionale Mobilität: Programmbausteine zur Dialogunterstützung (Januar 1978)

11. C. Schönebeck, M. Wegener: A Multi-Level Dynamic Simulation Model of Inter-Regional and Intra-Regional Migration (April 1978)

12. J.S. Linn: Urbanization Trends, Polarization Reversal, and Spatial Policy in Colombia (Juli 1978)

13. J.S. Linn: Automotive Taxation in the Cities of Developing Countries (September 1978)