

MICHAEL SAUBERER

Mathematische Modelle in der Stadtforschung und Stadtplanung

Ein Überblick

1. Zur Begriffsbestimmung

Etwa seit der Mitte der sechziger Jahre ist die Vokabel „Modell“ für die Stadt- und Regionalplanung im deutschen Sprachraum gewissermaßen ein Modewort. Oft wird der Begriff „Modell“ im Zusammenhang mit dem Adjektiv „mathematisch“ verwendet. Um nun einen kritischen Überblick über den derzeitigen Stand der Anwendung mathematischer Modelle in der Stadtplanung geben zu können, ist zunächst eine begriffliche Klärung notwendig.

Die Zahl der Definitionsversuche des Begriffes „Modell“ ist sehr groß, wie aus einer von Chao [6]¹ erstellten umfangreichen Liste ersichtlich ist, welche die von verschiedenen Autoren für das Wort „Modell“ verwendeten Synonyme und Charakterisierungen enthält; darunter findet man unter anderem: „Theorie“, „Analogie“, „Abstraktion“, „Repräsentation“, „formalisierte oder halbformalisierte Theorie“ und „Bild, wie ein System arbeitet“. Es gibt bis heute unter den Wissenschaftstheoretikern keine Übereinstimmung über den Inhalt des Begriffes „Modell“ und über die Funktion der Modelle in der Wissenschaft.

Im folgenden wird eine relativ weitgefaßte Definition des Begriffes Modell angenommen, wie sie im Bereich der Stadtplanung in der letzten Zeit häufig verwendet wird: Demnach ist ein Modell ganz allgemein als Abbildung aufzufassen; und zwar als Abbildung komplexer Strukturen und Funktionen eines Gegenstandsbereiches durch einfachere und übersichtlichere des gleichen oder eines anderen Gegenstandsbereiches. Ein Modell ist also eine Abstraktion der Realität, bei der die Wirklichkeit bis zu einem gewissen Grad vereinfacht wird.

Der Begriff Modell muß gegenüber dem Begriff Theorie abgegrenzt werden. Nach Bartels [2] sind unter Theorie meist größere Komplexe allgemeiner Aussagen inhaltlich-kognitiven Charakters zu verstehen, die erstens eine innere Konsistenz ihrer Elemente aufweisen und zweitens beobachtungssprachlich operationalisierbar formuliert sind. Demgegenüber ist ein Modell das symbolische Abbild des Verknüpfungssystems zwischen Sachverhalten, welche eine Theorie erklären will.

Nach dem Grad der Abstraktion kann zwischen ikonischen, analogen und symbolischen Modellen unterschieden

werden (Ackoff [1]). Ikonische Modelle weisen den niedrigsten Abstraktionsgrad auf und bilden die Realität physisch ab, unterscheiden sich aber von ihr durch den Maßstab (z. B. maschinentechnische Modelle). Analogmodelle bilden die Realität auf Grund einer anschaulichen Bildebene ab und bestehen nicht aus dem gleichen Material wie die Realität (z. B. Baupläne). Die symbolischen Modelle schließlich stellen die Realität durch ein symbolisches System dar; diese Darstellung kann durch Worte, Sätze oder algebraische Ausdrücke erfolgen. Mathematische Modelle besitzen demnach innerhalb der symbolischen Modelle den höchsten Abstraktionsgrad. Sie bestehen aus strukturellen Beziehungen zwischen den einzelnen Variablen, aus numerischen Konstanten und einer Rechenanweisung (Algorithmus) (vgl. Lowry [13]).

2. Klassifikationsmöglichkeiten

Bei der Diskussion der in der Stadtforschung und Stadtplanung verwendeten mathematischen Modelle treten Schwierigkeiten verschiedener Art auf, wie etwa Kommunikationsprobleme, die dadurch entstehen, daß eine Einordnung der verschiedenen Modelle in Kategorien hinsichtlich ihrer Art und ihres Zweckes schwierig ist. Die Entwicklung von Klassifikationssystemen mathematischer Modelle nach verschiedenen Ordnungskriterien, wie sie von mehreren Autoren versucht wurde, ist nicht Selbstzweck, sondern vielmehr ein notwendiger Ausgangspunkt für die kritische Analyse und Bewertung der Modelle.

Hinsichtlich ihrer Aussagefähigkeit können mathematische Modelle in vier Gruppen gegliedert werden: beschreibende, erklärende, Prognose- und Planungsmodelle². Diese vier Gruppen unterliegen einem hierarchischen Aufbau, d. h. beschreibende Modelle sind Bestandteile von erklärenden Modellen, diese wiederum von Prognosemodellen usw.

Beschreibende und erklärende Modelle versuchen einen Zustand oder einen Prozeß mit minimalen Abweichungen gegenüber der Realität abzubilden. Der eher graduelle und nicht prinzipielle Unterschied zwischen diesen beiden Modelltypen besteht darin, daß die beschreibenden Modelle im wesentlichen nur eine Konzentration und Operationalisierung der über die Realität vorhande-

¹ Die Zahlen in [] beziehen sich auf die Literaturangaben am Schluß dieses Beitrages.

² Eine ähnliche Untergliederung schlägt Lowry [13] vor.

nen Informationen bezwecken. Die Erstellung einer sozial-räumlichen Gliederung eines Stadtgebietes unter Anwendung einer Faktorenanalyse ist ein Beispiel dafür. Erklärende Modelle (z. B. innerstädtische Wanderungsmodelle) zeigen den Zusammenhang zwischen bestimmten unabhängigen und abhängigen Variablen, wobei das Adjektiv „erklärend“ mehr von der formalen und statistischen Seite her aufzufassen ist.

Prognosemodelle bauen auf beschreibenden und erklärenden Modellen auf und versuchen, künftige Entwicklungen sichtbar zu machen, ohne dabei allerdings planerische Zielvorstellungen explizit zu berücksichtigen; sie stellen gewissermaßen ein Bindeglied zwischen den erklärenden Modellen und den Planungsmodellen (im engeren Sinne) dar. Diese gehen von explizit vorgegebenen planerischen Zielvorstellungen aus und liefern danach bewertete Ergebnisse. Hierbei sind im wesentlichen vier Schritte zu unterscheiden (vgl. Lowry [13]):

- I. Ausarbeitung der zu bewertenden Alternativen.
- II. Vorhersage der Konsequenzen aus der Wahl jeder einzelnen Alternative.
- III. Bewertung dieser Konsequenzen nach einem Maßstab der Zielerreichung.
- IV. Auswahl jener Alternative, die dem Planungsziel am nächsten kommt.

Vielfach bilden erklärende Modelle sowie Prognosemodelle wichtige Bestandteile von Planungsmodellen; sie sind dann meist als **Simulationsmodelle** anzusehen. Unter Simulation ist generell eine besondere Form des wissenschaftlichen Experimentes zu verstehen. Bei Simulationsexperimenten mit Hilfe von mathematischen Modellen wird versucht, die Veränderung des Zustandes des durch das Modell dargestellten Systems abzuschätzen, die bei einer Veränderung der Werte der Systemvariablen eintritt (vgl. Mertens [14] und Wegener [16]). Ein einfaches Beispiel für eine solche Simulation ist etwa der Versuch, mit Hilfe eines Pendelwanderungsmodells die mögliche Auswirkung der Errichtung einer neuen Verkehrsverbindung auf die räumliche Verteilung der Pendlerströme sichtbar zu machen.

Die angeführte Klassifikationsmöglichkeit von Modellen wird zwar häufig in den verschiedensten Abwandlungen verwendet, ist aber keineswegs ausreichend. Kilbridge und Carabateas [10]³ arbeiteten einige wichtige Klassifikationspunkte heraus, die in erster Linie für Planungsmodelle gedacht sind:

I. Zweck bzw. Gegenstandsbereich des Modells. Hierbei können grob vier allgemeine Klassen unterschieden werden: **Flächennutzung**, **Verkehr**, **Bevölkerung** und **Wirtschaft**.

II. Funktion des Modells. Dieses Klassifikationskriterium ist nur für Planungsmodelle sinnvoll anwendbar und kann in drei Zuordnungsgruppen gegliedert werden:

Allokation (Einordnung oder Zuweisung des Gegenstandsbereiches eines Modells in Teilkategorien von Angebot und Nachfrage, bezogen auf einen bestimmten Zeitpunkt), **Derivation** (Prozeß der Transformation eines im Modell beinhalteten Gegenstandsbereiches und der Ableitung eines anderen Gegenstandsbereiches daraus) und **Projektion** (Abschätzung der Zukunft eines Gegenstandsbereiches). Viele Modelle sind keiner dieser drei Kategorien allein zugeordnet und erfüllen somit eine mehrfache Funktion.

III. „Organisierendes Prinzip“ des Modells. Dieses ist die Manifestation der zugrundeliegenden Theorie des Modells, soweit eine solche existiert. Prinzipiell ist eine Unterteilung in zwei Kategorien möglich, in mikroanalytische Verhaltens- oder Wahlmodelle und in makroanalytische Modelle, die statistische Stabilität, Rationalität und Gleichförmigkeit des zu beschreibenden sozialen Verhaltens annehmen.

IV. Operationale Methode des Modells. Dies ist die durch das „organisierende Prinzip“ beeinflusste Technik, mit deren Hilfe die Verarbeitung der Inputmasse erfolgt. Auf grundlegende methodische Ansätze des Modellbaues wird weiter unten noch eingegangen.

V. Der Zeitbezug des Modells. Hierbei können statische Modelle, die gewissermaßen eine Momentaufnahme eines Zustandes darstellen, von dynamischen Modellen, welche die Zeit als Variable enthalten und somit eine prozessuale Betrachtungsweise erlauben, unterschieden werden.

VI. Der Grad der Aggregation des Modells. Dieser kann von verschiedenen Gesichtspunkten aus gesehen werden, wobei besonders die Frage der räumlichen Aggregation wichtig ist, die bei der Untergliederung des Bezugsgebietes des Modells in Teilgebiete entsteht. Das gleiche gilt für das Problem der Aggregation der Gegenstandsbe-
reiche des Modells.

Nachstehend wird versucht, unter besonderer Berücksichtigung der angewandten Methodik und des Gegenstandsbereiches einige Beispiele der Modellbildung zu skizzieren.

3. Beispiele

a) Methodische Ansätze

Der Großteil der Modellansätze ist nach wie vor deterministisch, beruht also auf dem „Ursache-Wirkungs-Prinzip“. Die Modellparameter werden meist mittels der linearen Regressionsrechnung (z. T. allerdings mit Hilfe von logarithmischen oder anderen Transformationen, wie dies bei Gravitationsmodellen der Fall ist) abgeleitet, dies sowohl bei statischen Modellen als auch bei dynamischen Ansätzen.

Deterministische Planungsmodelle beruhen z. T. auf dem Prinzip der linearen Programmierung, über dessen Brauchbarkeit für die Zwecke der Stadtplanung derzeit im deutschen Sprachgebrauch eine intensive Diskussion geführt wird. Diese aus dem Bereich des „Ope-

³ Vgl. auch Kilbridge u. a. [11]; die in dieser Arbeit verwendeten Klassifikationskriterien decken sich nicht ganz mit jenen von [10].

rations Research“ kommende Methode ermöglicht es, z. B. jene Variante der Verteilung räumlicher Aktivitäten zu ermitteln, für die ein festgelegter Meßwert, der ein quantifiziertes Ziel darstellt, ein Extremum (je nach Fragestellung Maximum oder Minimum) annimmt, wobei ein System von einschränkenden Randbedingungen berücksichtigt wird.

In der letzten Zeit ist eine Reihe anderer Bewertungsverfahren in den Bereich der planungsrelevanten Modellbildung eingedrungen, die z. T. als Alternativen zur linearen Programmierung bzw. Optimierung angesehen werden können und in ihrer allgemeinen Konzeption vielfach neue Wege beschreiten (vgl. Wagner [16]). Die Delphi-Methode ist beispielsweise ein Verfahren, das zur Beurteilung umfangreicher Projektalternativen herangezogen werden kann. Im Verlauf des Verfahrens werden Experten intensiven Befragungen unterzogen und die dabei auftretenden voneinander abweichenden Bewertungen von Alternativen analysiert. Die Netzplantechnik, ein Verfahren, das in anderen Bereichen, wie etwa in der Bauplanung, bereits seit längerer Zeit angewendet wird, dient zur Koordinierung von Aktivitäten mit dem Ziel der Kosten- und Zeitersparnis. Die Nutzwertanalyse, ein Verfahren der Systemtechnik, ermöglicht es, vordringliche Planungsvorhaben von weniger vordringlichen zu unterscheiden. „Voraussetzung für die Anwendung der Nutzwertanalyse ist, daß durch die zu prüfenden Investitionen (Projekte) mehreren – verschiedenartigen und unterschiedlich wichtigen – Zielsetzungen gedient wird und somit das Problem entsteht, Teilurteile – je nach Zielerfüllungsgrad und Zielgewicht – zu einem Gesamturteil zusammenzufassen“ (Strassert [15]). Die Cost-Benefit-Analyse, die aus der klassischen Kosten-Ertragsanalyse hervorgegangen ist, hat zum Ziel, die volkswirtschaftlichen Kosten und Nutzen eines Projektes zu erfassen, wobei die Hauptproblematik in der bekannten Schwierigkeit der Quantifizierung der Nutzenfunktion liegt.

Die deterministischen Modelle werden in der jüngeren Zeit in einigen Teilbereichen durch stochastische Ansätze verdrängt. Diese ersetzen das Prinzip der „zwangsläufigen Wirkung“ durch den wahrscheinlichen Trend und wurden bisher in einigen erklärenden Modellen erprobt. Es sind die stochastischen Simulationsmodelle von den Markoff-Ketten-Modellen zu unterscheiden. Erstere versuchen einen raumwirksamen Prozeß mittels eines auf der Wahrscheinlichkeitstheorie beruhenden Algorithmus gleichsam in Form eines Experimentes nachzuvollziehen, während die Markoff-Ketten-Analyse versucht, die Wahrscheinlichkeit für die verschiedenen möglichen Endstadien eines Prozesses zu berechnen. Beide Modelltechniken fanden Anwendung in der Erklärung des städtischen Wachstums oder der Wanderungsströme in den Stadtregionen.

Besondere Bedeutung hat im Bereich der Stadtplanung in der allerjüngsten Zeit die Planspiel-Simulation gewonnen. Im Rahmen dieser Simulation werden einige Schlüsselakteure des Planungsprozesses (Politiker,

Planer usw.) als Rollen strukturiert. Sie erhalten aus einer Datenbank Informationen über die jeweilige Situation in ihrer Stadt. Die Auswirkungen ihrer Entscheidungen werden durch eine Reihe miteinander verknüpfter Modelle simuliert. Daraus ergeben sich wieder neue Informationen für die Akteure. Es können somit an einer Lernumwelt Strategien ausprobiert und ihr Erfolg oder Mißerfolg an einer jährlichen Folge von Zustandsbeschreibungen getestet werden (vgl. Hansen [8]).

b) Partialmodelle⁴

Der Gegenstandsbereich, für den bisher im Rahmen der Stadtforschung und Stadtplanung die größte Zahl von Modellen entwickelt wurde, ist der Verkehr. Verkehrsmodelle basieren meist auf einem deterministischen Ansatz. Es ist zwischen Verkehrserzeugungsmodellen, Verkehrsverteilungsmodellen, Modal-Split-Modellen und Netzzuweisungsmodellen zu unterscheiden.

Verkehrserzeugungsmodelle dienen zur Bestimmung des Ziel- bzw. Quellverkehrs der einzelnen Teilgebiete des Modellraumes; sie basieren vielfach auf einer multiplen Regressionsgleichung, in der als unabhängige Variable beispielsweise der Motorisierungsgrad und sozioökonomische Merkmale der Bevölkerung des betreffenden Bezirkes aufscheinen.

Die Verkehrsverteilungsmodelle⁵ ermöglichen die Berechnung der Verkehrsströme zwischen den einzelnen Teilgebieten; die Grundlage für viele Modellansätze bildet das klassische Gravitationskonzept, das besagt, daß die Zahl der Fahrten zwischen zwei Verkehrsbezirken direkt proportional dem Produkt aus den „Massen“ (ausgedrückt z. B. im Verkehrsaufkommen) der beiden Bezirke sowie indirekt proportional dem betreffenden „Wegwiderstand“ ist, der als Funktion der Entfernung anzusehen ist. Das Gravitationsmodell ist nicht nur als Analogiekonzept zur Physik zu verstehen, die notwendigen Modellparameter (wie z. B. die Exponenten und Koeffizienten für die Widerstandsfunktion) sind vielmehr mit Hilfe von Regressionsgleichungen ableitbar. Eine Erweiterung des Gravitationskonzeptes stellt der „Intervening-Opportunities“-Ansatz dar, der die konkurrierende Anziehungskraft der dem betrachteten Zielort näher gelegenen potentiellen Fahrtziele berücksichtigt. Starke Verbesserungen in der Modellgenauigkeit können mit Hilfe des Entropiekonzeptes gewonnen werden (vgl. Wilson [18]).

Modal-Split-Modelle dienen der Berechnung der Verteilung der Fahrten auf verschiedene Verkehrsmittel. Die Netzzuweisungsmodelle legen den Verkehr auf die einzelnen Netzbestandteile um; im einfachsten Fall erfolgt die Zuordnung auf dem jeweils kürzesten Weg.

⁴ Bezüglich eines vollständigeren Überblickes sei u. a. auf Herz [9] verwiesen.

⁵ Vgl. dazu Carrothers [5].

Die Verkehrsmodelle stehen in einer engen methodischen Verwandtschaft zu räumlichen Interaktionsmodellen, die beispielsweise zur Erklärung von Wanderungsbewegungen oder zentralörtlichen Zuordnungen dienen. Hier haben sich ebenfalls erweiterte Gravitationsansätze bewährt.

Einen wichtigen Gegenstandsbereich des Modellbaues in der Stadtplanung stellen auch die Bevölkerungsentwicklungs- und -verteilungsmodelle dar. Eng im Zusammenhang dazu stehen Modelle des städtischen Wohnungsmarktes, wie sie beispielsweise in den USA unter Verwendung stochastischer Ansätze entwickelt wurden.

Bei der Modellbildung im Bereich der städtischen Wirtschafts- und Beschäftigtenentwicklung gelangen im Gegensatz zu den entsprechenden Untersuchungen auf regionaler Ebene mathematische Modelle nur in geringerem Ausmaß zur Anwendung. So ist die für großräumige Untersuchungen bedeutungsvolle Input-Output-Analyse aus verschiedenen Gründen für städtische Wirtschaftsräume nur bedingt anwendbar. Ein Konzept, das speziell für die Entwicklung der städtischen Wirtschaft entwickelt wurde, ist das (allerdings umstrittene) Basic-Non-Basic-Konzept, das den Anteil der über die Stadtgrenze exportierten Aktivitäten zu ermitteln versucht. Eine starke Bedeutung kommt den Modellen zur Bestimmung der Verteilung und Größe des Einzelhandels zu; hier wurde in mehreren Untersuchungen von Gravitationsansätzen ausgegangen.

c) Globalmodelle

Unter Globalmodellen sind nach Herz [9] Modelle zu verstehen, die, über einzelne Partialansätze hinausgehend, eine vereinfachte Darstellung umfassender Ausschnitte der Wirklichkeit liefern.

Im deutschen Sprachraum stehen derzeit vier Modellgruppen zur Diskussion, für die die Bezeichnung „Globalmodell“ zutreffen könnte:

- Das *Garin-Lowry-Modell*. Dieses in seiner ersten Version von Lowry (vgl. [12]) im Jahre 1964 für Pittsburgh entwickelte und bis heute mehrfach modifizierte (vgl. Batty [3]) Modell geht von der räumlichen Verteilung der im Basic-Bereich Beschäftigten aus und erklärt die räumliche Verteilung der Wohnstätten der zum Basic- und Non-Basic-Sektor zugeordneten Bevölkerung sowie die der Arbeitsstätten im Non-Basic-Bereich. Hierbei wird von der Erreichbarkeit der Arbeitsstätten unter Berücksichtigung von verschiedenen einschränkenden Randbedingungen (z. B. Dichtebeschränkung) ausgegangen.
- Das *Modell POLIS*, welches seit 1969 am Battelle-Institut Frankfurt als Entscheidungshilfe für die Stadtentwicklungsplanung konzipiert wird (vgl. Wegener und Meise [17]), versucht ebenfalls die Teilsysteme Flächennutzung und Verkehrssystem miteinander zu koppeln, wählt jedoch einen anderen methodischen Weg als das Garin-Lowry-Modell. Das Modell setzt sich aus drei Teilmodellen zusammen, die stufenweise aufein-

ander aufbauen: Prognosemodell, Simulationsmodell und Bewertungsmodell.

- *Optimierungsmodelle*. Diese sich grundsätzlich von den beiden ersten genannten Ansätzen unterscheidende Konzeption wird beispielsweise in vom Israel Institute of Urban Studies entwickelten Modellen verwendet (vgl. Ben-Shahar et al. [4]). Unter Verwendung der linearen Programmierung wird von einer aus mehreren Komponenten bestehenden Zielfunktion ausgegangen und unter Berücksichtigung eines Systems von Randbedingungen die optimale Flächennutzung für die einzelnen Teilgebiete des Untersuchungsraumes ermittelt.
- *Gaming-Simulation-Modelle*. Diese bereits oben etwas näher skizzierte Modellgruppe kann ebenfalls unter die Globalmodelle eingereiht werden. Das in den USA entwickelte und derzeit im deutschen Sprachraum in Erprobung befindliche Modell METRO (vgl. z. B. Hansen [8]) ist ein Beispiel dafür.

4. Kritische Bewertung der Einsatzmöglichkeiten von mathematischen Modellen in der Stadtforschung und Stadtplanung

Die von den Befürwortern eines verstärkten Einsatzes von mathematischen Modellen verwendeten allgemeinen Argumente zugunsten der Modelle lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Mathematische Modelle stellen die primären Faktoren klar. Durch die Preisgabe von Einzelheiten bei der Konstruktion des Modelles können die Regelmäßigkeiten und Systemzusammenhänge gut herausgearbeitet werden.
- Die Übersicht, die ein Modell zuläßt, ermöglicht es, die Folgen der Vergangenheit in bezug auf die Gegenwart und Zukunft besser zu verstehen als durch traditionelle beschreibende Arbeit.
- Mathematische Modelle führen zu einer Verallgemeinerung und geben somit der Arbeit einen generellen Charakter. Ein Modell, das den richtigen Grad der Verallgemeinerung erreicht, behandelt nicht nur eine besondere Situation detailliert, wie dies durch die verbale Beschreibung geschieht, sondern macht in stärkerem Maße allgemeine Aussagen.
- Ein großer Vorteil des Modellbaues ist die Genauigkeit, die dem Modellbauer selbst auferlegt wird. Um auch nur das einfachste Modell konstruieren zu können, muß er sehr klare Vorstellungen über die zu untersuchenden Erscheinungen haben. Er muß sie noch gründlicher verstehen, als es in den meisten traditionellen Beschreibungen und ähnlichen Verfahren möglich ist.
- Durch die Verwendung der mathematischen Sprache können logische Widersprüche vermieden werden, und es besteht die Möglichkeit der Nachvollziehbarkeit.

Die Hauptansatzpunkte der Kritik an der Anwendung mathematischer Methoden in der Stadtforschung und Stadtplanung kommen von zwei grundverschiedenen Richtungen:

Die eine Seite der Kritik, die allerdings in der letzten Zeit immer mehr an Gewicht verliert, richtet sich grundsätzlich gegen die Anwendung mathematischer Methoden, wobei als wichtigstes Argument die Unmöglichkeit der Quantifizierung der relevanten Phänomene in der Stadtforschung und Stadtplanung gesehen wird. Diese Einwände kommen zum Teil aber aus einer Unkenntnis der bei der Modellkonstruktion verwendeten mathematischen Methoden und der tatsächlichen Aussage der Modelle.

Die zweite Seite der Kritik, die in der letzten Zeit ständig an Bedeutung gewinnt, sich aber nicht unbedingt gegen die generelle Verwendung von mathematischen Modellen wendet, kommt von den Vertretern einer „Demokratisierung“ des Planungsprozesses. Einige markante Punkte dieser Kritik sind nachstehend genannt⁶, ohne dabei eine nähere Diskussion über die einzelnen Punkte zu führen und auf eventuelle Gegenargumente einzugehen.

- Durch den Zwang, komplexe Zusammenhänge zu vereinfachen und in Rechenschemata zu zwingen, wird in den Modellen das Verhalten bestimmter Bevölkerungsgruppen zwangsläufig vernachlässigt.
- Die sozialen Auswirkungen modelltechnischer Vorentscheidungen, die vom Modellbauer getroffen werden, können leicht unbedacht übersehen werden.
- Der gewaltige Methodenapparat bleibt für einige am Planungsprozeß teilnehmende Gruppen undurchsichtig. Die Ergebnisse eines Modells können von diesen nicht nachvollzogen werden, und es besteht die Gefahr einer „Computergläubigkeit“.
- Die mathematischen Methoden sind zwar logisch und nachprüfbar, doch werden sie zum Teil auf einer unsoliden Basis aufgebaut, wobei über erkenntnistheoretische Einwände unbekümmert hinweggegangen wird.
- Die Anwendung mathematischer Modelle kann das Informationsgefälle zwischen Planer, Politiker und Bevölkerung vergrößern, was zu einer schweren Benachteiligung bestimmter Bevölkerungsgruppen führen kann.
- Durch die mit mathematischen Modellen entstehenden methodischen Probleme wird von der politischen Perspektive des Planungsprozesses abgelenkt.

Eine nähere Prüfung der einzelnen Kritikpunkte, gleichgültig, von welcher Richtung sie kommen, zeigt, daß daraus nicht eine generelle Ablehnung der Verwendung von Modellen abzuleiten ist. Es ergeben sich vielmehr daraus einige wichtige Forderungen für die Weiterentwicklung der Modellkonstruktion. „Die Frage lautet also nicht: Modelle, ja oder nein? Sie lautet vielmehr: Mit welchem Anspruch, zu welchem Zweck und an welcher Stelle werden Techniken eingesetzt?“ (Ganser [7]).

Aus Gründen einer optimalen Verwendbarkeit der mathematischen Modelle im Planungsprozeß sollten in der zukünftigen Modellentwicklungsarbeit unter anderem folgende Gesichtspunkte berücksichtigt werden:

- Es sollten keine allzu übertriebenen Anstrengungen in die weitere Verfeinerung und sachliche Ausdehnung von

globalen Modellen gelegt werden, da solchen „Supermodellen“ die Gefahr der Undurchschaubarkeit anhaftet und da sie außerdem auch bei einer noch so großen Detaillierung die Realität zu vereinfacht darstellen. Ein Schwerpunkt der weiteren Entwicklung sollte demnach bei einer Verfeinerung der Partialmodelle liegen.

- Die Modelle sollen „Instrumentvariable“ enthalten. Simulationen können wesentlich effizienter durchgeführt werden, wenn das planerische Instrumentarium im Variablenatz enthalten ist. Um dies zu erreichen, wird allerdings auf methodischem Sektor noch viel Arbeit zu leisten sein.
- Von der Planung betroffene Interessengruppen der Bevölkerung sollten in den Planungsmodellen explizit berücksichtigt werden.
- Vor Beginn jeder Modellkonstruktion sollte eine systematische Prüfung verschiedener Fragen erfolgen, wie:

- Ist die Methode zur Lösung des vorliegenden Problems überhaupt geeignet?
- Wie genau und verlässlich ist ihre Aussage?
- Wie verhalten sich die zu erwartenden Konstruktionskosten des Modells zu dem Wert der Ergebnisse?

Literatur

- [1] Ackoff, R. L.; S. K. Gupta; J. S. Minas: Scientific method: optimizing applied research decisions. – New York 1962.
- [2] Bartels, D.: Neue Geographie und Raumplanung. ARPUD '70. – Dortmund 1970.
- [3] Batty, M.: Recent developments in land use modelling. A review of British research. ARPUD '70. – Dortmund 1970.
- [4] Ben Shahr, H.; A. Mazor; D. Pines: Town planning and welfare maximization. In: Regional Studies. 3. Jg. (1969) Nr. 2, S. 105–113.
- [5] Carrothers, G. A. P.: An historical review of the gravity and potential concepts of human interaction. In: Journal of the American Institute of Planners. 12. Jg. (1956) Nr. 2, S. 94–102.
- [6] Chao, Y. R.: Models in linguistics and models in general, Proc. 1960. Internat. Logic Congr. – Cambridge 1962.
- [7] Ganser, K.: Die Rolle der Stadtforschung in der Stadtentwicklungsplanung. In: Bauwelt. 62. Jg. (1971) Nr. 12/13 (Stadtbauwelt 29) S. 12–15.
- [8] Hansen, H.: METRO-Stadtentwicklung im Planspiel. In: DATUM-Rundbrief. (1970) Nr. 3, S. 32–33.
- [9] Herz, R.: Zur Anwendbarkeit regionalanalytischer Modellansätze in der Stadtplanung. S. 1–36 in: Methoden zur Analyse von Stadtstrukturen. – Karlsruhe 1969.
- [10] Kilbridge, M.; S. Carabateas: Urban planning models. In: Ekistics. 24. Jg. (1967) Nr. 145, S. 480–485.
- [11] Kilbridge, M.; R. O'Block; P. v. Teplitz: A conceptual framework for urban planning models. – Boston 1968.
- [12] Lowry, I. S.: A model of Metropolis. Sponsored by: Pittsburgh Regional Planning Association and the Rand Corporation. – Santa Monica (Kalif.) 1964.
- [13] Lowry, I. S.: Eine Einführung in das Modell Design. In: ARCH +. (1968) H. 3.
- [14] Mertens, P.: Simulation. – Stuttgart 1969.
- [15] Strassert, G.; G. Turowski: Nutzwertanalyse: Ein Verfahren zur Beurteilung regionalpolitischer Projekte. In: Institut für Raumordnung. Informationen. 21. Jg. (1971) Nr. 2, S. 29–42.

⁶ Vgl. dazu auch die Ausführungen von G. Lammers im Rahmen eines im Jahre 1970 in Karlsruhe abgehaltenen Seminars über „Modelle zur Stadtplanung“.

-
- [16] *Wagner, M.*: Praktische Anwendung wissenschaftlicher Methoden für die Gemeinde- und Stadtplanung. In: *Raum und Siedlung*. (1971) Nr. 1, S. 4–8.
- [17] *Wegener, M.; J. Meise*: Stadtentwicklungssimulation. In: *Bauwelt*. 62. Jg. (1971) Nr. 12/13 (*Stadtbauwelt* 29), S. 26–31.
- [18] *Wilson, A. G.*: Entropy in urban and regional modelling. – London 1970.