

Michael Wegener

Stadt- und Regionalmodelle

S. 2369 bis 2379

URN: urn:nbn:de: 0156-55992233



CC-Lizenz: BY-ND 3.0 Deutschland

In:

ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.):
Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung

Hannover 2018

ISBN 978-3-88838-559-9 (PDF-Version)

URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0156-55993>

Stadt- und Regionalmodelle

Gliederung

- 1 Einleitung
- 2 Regionalmodelle
- 3 Stadtmodelle
- 4 Schlussfolgerungen

Literatur

Modelle für die Raumplanung sind vereinfachte Abbilder der Wirklichkeit zur Beschreibung, Erklärung und planmäßigen Beeinflussung der Raumentwicklung. Vorhandene Stadt- und Regionalmodelle spiegeln die ganze Bandbreite der gegenwärtigen Theorieansätze in den Wirtschafts-, Sozial-, Ingenieur- und Umweltwissenschaften wider, müssen sich jedoch in Zukunft auf neue Herausforderungen einstellen.

1 Einleitung

Modelle sind vereinfachte Abbilder der Wirklichkeit, mit deren Hilfe Erkenntnisse über die Wirklichkeit gewonnen werden sollen. In den Natur- und Technikwissenschaften dienen diese Erkenntnisse zum besseren Verständnis der in der Wirklichkeit geltenden Wirkungsbeziehungen und zur Entwicklung von Methoden zur Beeinflussung der Wirklichkeit in einem gewünschten Sinn. Analog dazu dienen Modelle in der \triangleright *Raumplanung* sowohl zur Beschreibung und Erklärung der Raumentwicklung als auch zu ihrer planmäßigen Beeinflussung.

Die Verwendung von Modellen in der Raumplanung ist eng mit dem rationalistischen Modell der Planung verknüpft: Danach beginnt Planung mit einer Menge festgelegter, nach Bedeutung geordneter Ziele. Alle möglichen Maßnahmen, die zur Erfüllung dieser Ziele beitragen können, werden untersucht, ihre wahrscheinlichen Wirkungen vorausgeschätzt und im Hinblick auf die Ziele bewertet. Schließlich wird die Maßnahme, die die Ziele am besten erfüllt, zur Ausführung ausgewählt. Der sogenannte synoptische Rationalismus wurde wegen seiner Schwächen kritisiert: Die Ziele müssen festgelegt werden, bevor die Maßnahmen bekannt sind, alle möglichen Ziele, Maßnahmen und Wirkungen müssen berücksichtigt werden, und die Anforderungen an Informationsbeschaffung und Informationsverarbeitung sind hoch. Es fehlen Verfahren für die Verarbeitung von Zielkonflikten oder die Berücksichtigung lokaler Bedürfnisse. Aus der Kritik des synoptischen Rationalismus wurden alternative Modelle des Planungsprozesses wie perspektivischer Inkrementalismus oder \triangleright *Kooperative Planung* entwickelt.

Die Herausforderung für Planungsmodelle besteht darin, auch für diese komplexen Planungsprozesse mit einer Vielzahl von Beteiligten sinnvolle Informationen zu liefern. Die verständliche Kommunikation der Modellergebnisse an Experten und Nichtexperten ist deshalb von größter Bedeutung für den Beitrag von Modellen für den Planungsprozess. Wichtig ist, dass die Modellergebnisse nicht als Prognosen (\triangleright *Prognose*) verstanden werden, sondern als Szenarien, das heißt als mögliche zukünftige Entwicklungen unter der Annahme bestimmter Rahmenbedingungen und Maßnahmen. Zunehmend werden die Modelle auch zur Beantwortung der Frage eingesetzt, welche Kombination von Maßnahmen nötig wäre, um bestimmte Ziele zu erreichen (*backcasting*).

Dabei spielen moderne Visualisierungs- und Animationstechniken eine immer größere Rolle. Zunehmend dürfte auch das Internet für die Vermittlung komplexer Modellergebnisse an Bedeutung gewinnen. Schon heute wird an vielen Stellen mit interaktiven Planungsunterstützungssystemen (planning support systems) experimentiert. Es bleibt abzuwarten, ob mithilfe derartiger leistungsfähiger Kommunikationstechniken die Ergebnisse von Planungsmodellen zur Erhöhung der umfassenden gesellschaftlichen Rationalität von Partizipationsprozessen beitragen können.

Stadt- und Regionalmodelle unterscheiden sich in ihrer räumlichen, sachlichen und zeitlichen Abgrenzung und Auflösung. Räumlich kann zwischen Modellen der \triangleright *Regionalentwicklung* in Europa oder in einzelnen Ländern und Stadtmodellen, in denen nur eine Stadtregion behandelt wird, unterschieden werden. Sachlich reichen vorhandene Modelle von sektoralen Modellen wie Bevölkerungs- oder Verkehrsmodellen bis zu integrierten Modellen, in denen Wirtschaft, Siedlung, Verkehr und Umwelt einschließlich ihrer Wechselbeziehungen in einem ganzheitlichen Modellrahmen behandelt werden. Zeitlich kann zwischen Kurzzeit- und Langzeitmodellen mit oder ohne Ausweisung der Ergebnisse für Zwischenjahre unterschieden werden.

Im Folgenden wird auf *integrierte* Stadt- und Regionalmodelle eingegangen, die (fast) alle Teilsysteme von Städten und Regionen und die Wechselwirkungen zwischen ihnen behandeln.

2 Regionalmodelle

Wegen der überwiegend von höheren räumlichen Ebenen auf niedrigere räumliche Ebenen wirkenden Einflüsse werden hier zunächst *Regionalmodelle* vorgestellt. Regionalmodelle projizieren die Entwicklung von Wirtschaft und Bevölkerung in *Ländern* oder *Regionen* (▷ *Region*). Dies können in Deutschland etwa Bundesländer, Regierungsbezirke oder Kreise sein. Sachlich überwiegen Modelle, die nur die Wirtschaftsentwicklung projizieren, nur wenige Modelle modellieren auch Bevölkerungsentwicklung, Verkehr und Umwelt. Zeitlich projizieren die Modelle entweder den Zustand des modellierten Systems in einem Zukunftsjahr oder die Entwicklung bis dahin.

2.1 Theoretische Grundlagen

Die vorhandenen Modelle spiegeln die ganze Bandbreite der vorherrschenden theoretischen Positionen in den Wirtschaftswissenschaften wider. Theorien des räumlichen Ausgleichs nehmen an, dass die Wirtschaftsentwicklungen in Regionen sich selbst unter einschränkenden Bedingungen wie monopolistischem Wettbewerb und durch Transportkosten und Zölle eingeschränkter Faktormobilität aneinander angleichen. Polarisationsmodelle dagegen gehen von einer kumulativen Verstärkung von Agglomerationsvorteilen über die Zeit aus, mit dem Ergebnis, dass der Abstand zwischen erfolgreichen Metropolen und benachteiligten Regionen zunimmt. Eine Synthese zwischen diesen beiden gegensätzlichen Theorien bietet die Neue Ökonomische Geographie, nach der die wirtschaftliche Entwicklung von Regionen das Ergebnis der Wechselwirkung zwischen Agglomerationsvorteilen und Raumüberwindungskosten ist (▷ *Regionalökonomik*).

Die wichtige Rolle der ▷ *Verkehrsinfrastruktur* für die Regionalentwicklung ist somit eines der fundamentalen Prinzipien der Raumwirtschaftstheorie. Es besagt, dass Regionen mit besserem Zugang zu Zulieferern und Märkten wettbewerbsfähiger und erfolgreicher sind als periphere und isolierte Regionen. Allerdings ist die Beziehung zwischen Erreichbarkeit und Wirtschaftsentwicklung komplizierter: Es gibt erfolgreiche Regionen im Zentrum Europas, aber auch zentral gelegene Regionen mit hoher Arbeitslosigkeit. Auf der anderen Seite liegen die am wenigsten erfolgreichen Regionen, wie zu erwarten, an der Peripherie, aber es gibt auch prosperierende periphere Regionen wie die nordischen Länder. Daher ist es nicht unumstritten, ob Verbesserungen der Verkehrsinfrastruktur die wirtschaftliche Situation peripherer Regionen verbessern. Aus theoretischer Perspektive ist beides möglich: Eine neue Autobahn oder Hochgeschwindigkeitseisenbahn macht es den peripheren Regionen leichter, ihre Produkte in den Zentren abzusetzen, öffnet sie aber auch für die Konkurrenz aus diesen.

2.2 Modellbeispiele

In der heutigen Praxis gibt es vor allem zwei Ansätze zur Modellierung der wirtschaftlichen Regionalentwicklung: Produktionsfunktionsmodelle und multiregionale Input-Output-Modelle.

Produktionsfunktionsmodelle

Produktionsfunktionsmodelle bilden die wirtschaftliche Aktivität in einer Region mit Produktionsfunktionen ab, in denen die klassischen Produktionsfaktoren Kapital, Arbeit und Land durch modernere ergänzt werden. Ein wichtiger neuer Produktionsfaktor ist die regionale *Infrastruktur*, insbesondere die Verkehrsinfrastruktur. Die Qualität der Verkehrsinfrastruktur wird heute überwiegend durch Erreichbarkeitsmaße, zumeist in Form des Bevölkerungs- oder Wirtschaftspotenzials gemessen. Beispiele für Produktionsfunktionsmodelle mit Erreichbarkeitsindikatoren als Produktionsfaktoren sind in der Reihenfolge ihrer Entstehung SASI (Wegener/Bökemann 1998; Wegener 2011a), ASTRA (Schade 2005) und MASST (Capello/Camagni/Fratesi et al. 2008).

Multiregionale Input-Output-Modelle

Multiregionale Input-Output-Modelle bilden interregionale und intersektorale Wirtschaftsbeziehungen mithilfe der multiregionalen Input-Output-Analyse ab. Diese Modelle schätzen interregionale und intersektorale Handelsströme als Funktion intersektoraler Input-Output-Koeffizienten und Verkehrskosten. Die Endnachfrage in jeder Region ist exogen, das regionale Angebot jedoch elastisch. Wenn Verkehrskosten steigen, kaufen Unternehmen und Haushalte mehr Produkte von nahe gelegenen Regionen, damit wachsen die Exporte dieser Regionen. Beispiele für multiregionale Input-Output-Modelle sind MEPLAN (Echenique 2004), PECAS (Hunt/Abraham 2009), DELTA (Simmonds 1999) und RUBMRIO (Zhao/Kockelman 2004).

Auf der Grundlage der Neuen Ökonomischen Geographie sind Input-Output-Modelle erweitert worden, um Größeneffekte (economies of scale) und unvollkommenen (monopolistischen) Wettbewerb zu berücksichtigen. Derartig erweiterte Input-Output-Modelle werden räumlich berechenbare allgemeine Gleichgewichtsmodelle, englisch *spatial computable general equilibrium* (SCGE) models, genannt. Beispiele für SCGE-Modelle sind CGEurope (Bröcker 2004), RAEM (Oosterhaven/Sturm/Zwanefeld 1998), REMI PI+ (Fan/Treyz/Treyz 2000) und RHOMOLO (Bransma/Kancs/Monfort et al. 2013).

2.3 Vergleich der Modelle

Die heute in der Praxis angewendeten Regionalmodelle haben vieles gemeinsam, aber es gibt auch Unterschiede (s. Tab. 1).

Die Unterschiede zwischen den Modellen in Bezug auf die zugrunde liegenden Theorien sind geringer als allgemein angenommen. Unter den hier besprochenen Modellen gibt es keine neoklassischen Modelle, die vollkommene Faktormobilität annehmen, da alle den Raumwiderstand in Form von Transportkosten und anderen Barrieren wie Wartezeiten an Grenzen, Zölle oder kulturelle oder Sprachbarrieren berücksichtigen, wenngleich mit unterschiedlichem Detail. Märkte mit unvollkommenem Wettbewerb, Agglomerationseffekte und die begrenzte Rationalität unter Unsicherheit der ökonomischen Akteure werden in allen Modellen angesprochen. Ein wichtiger Unterschied zwischen den Modellen ist ihre Behandlung der Zeit. Die meisten multiregionalen Input-Output-Modelle einschließlich der SCGE-Modelle unterstellen, dass Märkte stets oder am Ende jeder Zeitperiode im Gleichgewicht sind, während die übrigen Modelle den Zeitbedarf von Anpassungsprozessen berücksichtigen.

Tabelle 1: Vergleich von Regionalmodellen

Modelltyp	Modell	Input-Output	Begrenzter Wettbewerb	Netze	Demografie	Wanderungen	Dynamik
Produktionsfunktions-Modelle	SASI	nein	implizit	ja	ja	ja	ja
	ASTRA	nein	implizit	nein	ja	ja	ja
	MASST	nein	implizit	nein	ja	ja	ja
Multiregionale Input-Output-Modelle	MEPLAN	ja	nein	ja	nein	nein	nein
	PECAS	ja	nein	ja	nein	nein	nein
	DELTA	ja	implizit	extern	nein	ja	ja
	RUBMRIO	ja	nein	extern	nein	ja	ja
Computable general-equilibrium-Modelle	CGEurope	ja	ja	extern	nein	nein	nein
	RAEM	ja	ja	extern	nein	ja	ja
	REMI PI+	ja	ja	nein	ja	ja	ja
	RHOMOLO	ja	ja	nein	nein	nein	nein

Quelle: Wegener 2011b: 54, bearbeitet

3 Stadtmodelle

Stadtmodelle projizieren die räumliche Entwicklung von Bevölkerung, Wirtschaft, Siedlung, Verkehr und Umwelt in *Städten* und *Stadtregionen*. Die räumliche Auswirkung von Stadtmodellen reicht von Gemeinden über Stadtbezirke oder Stadtteile zu einzelnen Grundstücken oder Rasterzellen. Nicht alle vorhandenen Stadtmodelle umfassen alle Teilsysteme und müssen daher mit vorhandenen Verkehrs- oder Umweltauswirkungsmodellen gekoppelt werden. Zeitlich projizieren die Modelle entweder den Zustand des modellierten Systems in einem Zukunftsjahr oder die Entwicklung bis dahin.

3.1 Theoretische Grundlagen

In ihrer theoretischen Fundierung spiegeln die vorhandenen Modelle die ganze Bandbreite der vorherrschenden theoretischen Positionen in den mit *Stadtentwicklung* befassten Wissenschaften wie Stadtbauwesen, Stadtökonomie und Stadtsoziologie wider. Die verwendeten Theorieansätze lassen sich in drei Gruppen einteilen:

- *Technische Theorien* interpretieren Städte als Mobilitätssysteme. In den 1950er Jahren wurden in den USA erste Versuche unternommen, die Zusammenhänge zwischen Verkehr und räumlicher Entwicklung zu verstehen. Es konnte nachgewiesen werden, dass Standorte mit guter Erreichbarkeit mit größerer Wahrscheinlichkeit und mit höherer \triangleright *Dichte* bebaut wurden als abgelegene Standorte. Lowry (1964) entwickelte ein Modell der Stadtentwicklung, in dem die Standorte von Haushalten und Einzelhandels- und Dienstleistungsunternehmen in Analogie zum Gravitationsmodell der Physik als Ziele von Berufs- und Einkaufsfahrten modelliert werden.
- *Ökonomische Theorien* erklären die wirtschaftlichen Ursachen der räumlichen Entwicklung von Städten. Das vermutlich einflussreichste Beispiel hierfür ist die Theorie des städtischen Bodenmarkts von Alonso (1964). Seine Grundannahme ist, dass Unternehmen und Haushalte den Standort wählen, an dem der Bodenpreis, den sie zu zahlen bereit sind, gleich dem Preis ist, den der Bodeneigentümer fordert, sodass der Bodenmarkt (\triangleright *Bodenmarkt/Bodenpolitik*) im Gleichgewicht ist.
- *Soziale Theorien* interpretieren die räumliche Entwicklung von Städten als das Ergebnis individueller oder kollektiver Raumeignung. Hägerstrand (1970) operationalisierte diese Idee durch die Einführung von Zeitbudgets, innerhalb derer Individuen entsprechend ihrer sozialen Rolle, ihrem Einkommen, der ihnen zur Verfügung stehenden Technologie (Pkw-Besitz) und anderen Restriktionen über *Aktionsräume* unterschiedlicher Größe und Dauer verfügen (\triangleright *Raum-Zeit-Strukturen*).

3.2 Modellbeispiele

Wie bei den Regionalmodellen können auch bei den Stadtmodellen Standortmodelle und räumliche Interaktionsmodelle unterschieden werden. Die ersten Stadtmodelle waren räumliche Interaktionsmodelle in der Tradition des Lowry-Modells (1964).

Räumliche Interaktionsmodelle

Räumliche Interaktionsmodelle prognostizieren in Analogie zum Gravitationsmodell der Physik Standorte von Aktivitäten als Ziele von Personen- oder Güterströmen. Zumeist werden die Standorte exportorientierter Unternehmen (basic industries) als exogen angenommen. Die Standorte nicht exportorientierter Unternehmen wie Einzelhandels- oder Dienstleistungsunternehmen (non-basic industries) sind eine Funktion der Standorte der Haushalte und deren Standorte eine Funktion der Arbeitsplatzstandorte. Beispiele für räumliche Interaktionsmodelle sind ITLUP (Putman 1991), MEPLAN (Echenique 2004), (de la Barra 1989) und PECAS (Hunt/Abraham 2009).

Bodenmarktmodelle

Ökonomische Standortmodelle folgen der Bodenmarkttheorie Alonsos (1964), nach der Unternehmen und Haushalte Standorte wählen, an denen ihre Zahlungsbereitschaft für Land dem Marktpreis für Land entspricht. Die Zahlungsbereitschaft von Unternehmen hängt von ihren Einnahmen minus Produktions- und Transportkosten ab; Haushalte werden wie Unternehmen, die Arbeit produzieren, behandelt. Beispiele für Bodenmarktmodelle sind MUSSA (Martinez/Donoso 2010) und RURBAN (Miyamoto/Vichiensan/Sugiki et al. 2007).

Nutzenfunktionsmodelle

Nutzenfunktionsmodelle ähneln den Bodenmarktmodellen, vermeiden jedoch die Monetarisierung der Standortfaktoren, indem sie diese ähnlich wie in Produktionsfunktionen auf einer Nutzenskala abbilden. Die Standortfaktoren umfassen Erreichbarkeit, Quartierseigenschaften, Grundstücksqualität und Bodenpreis oder Miete. Der Nutzen eines Standorts ist eine Kombination der Einzelnutzen der Standortfaktoren. Beispiele von Nutzenfunktionsmodellen sind IRPUD (Wegener 2011a), UrbanSim (Waddell 2002), DELTA (Simmonds 1999), MARS (Pfaffenbichler 2003) und TIGRIS XL (Zondag 2007).

3.3 Vergleich der Modelle

Dieser kurze Überblick über gegenwärtige Ansätze zur Modellierung intraregionaler Standortentscheidungen von Unternehmen und Haushalten wird den großen Fortschritten in der Stadtmodellierung der letzten fünf Jahrzehnte nicht gerecht. Im Vergleich zu diesen Fortschritten sind die Unterschiede zwischen den Modellen nicht besonders ausgeprägt (s. Tab. 2).

Tabelle 2: Vergleich von Stadtmodellen

Modelltyp	Modell	Input-output	Arbeitsmarkt	Netze	Verkehr	Dynamik	Mikrosimulation
Räumliche Interaktionsmodelle	ITLUP	nein	nein	ja	ja	nein	nein
	MEPLAN	ja	nein	ja	ja	nein	nein
	TRANUS	ja	nein	ja	ja	nein	nein
	PECAS	ja	nein	ja	ja	nein	teilweise
Bodenmarktmodelle	MUSSA	nein	ja	extern	extern	nein	nein
	RURBAN	nein	nein	ja	extern	nein	nein
Nutzenfunktionsmodelle	IRPUD	nein	ja	ja	extern	ja	teilweise
	UrbanSim	nein	ja	extern	extern	ja	ja
	DELTA	ja	ja	extern	ja	ja	nein
	MARS	nein	nein	nein	nein	ja	nein
	TIGRIS XL	nein	nein	ja	extern	ja	nein

Quelle: Wegener 2011b: 60, bearbeitet

Unterschiede zwischen den Modellen bestehen in der Art der Standortwahlmodellierung: Räumliche Interaktionsmodelle modellieren die Standortwahl als die Auswahl zwischen Zielen mit oder ohne Input-Output-Tabelle, während Bodenmarkt- und Nutzenfunktionsmodelle Entscheidungsfunktionen mit Standorteigenschaften ähnlich den erweiterten Produktionsfunktionen in den Regionalmodellen verwenden. Ein weiterer Unterschied ist, ob das Verkehrsmodell voll in das Modell integriert ist oder ob die Ergebnisse vorhandener Verkehrsmodelle benutzt werden, was Konsequenzen für die Implementierung der Rückkopplung zwischen Verkehr und Standortwahl hat.

Ein weiterer Unterschied ist, ob die Modelle explizit Bevölkerungsentwicklung, Haushaltsbildung, Erwerbstätigkeit und den regionalen Arbeitsmarkt modellieren. Hier sind Bodenmarktmodelle und Nutzenfunktionsmodelle im Vorteil, während in räumlichen Interaktionsmodellen angenommen wird, dass Angebot und Nachfrage auf dem Arbeitsmarkt im Gleichgewicht sind.

Ebenso wie die Regionalmodelle unterscheiden sich die Stadtmodelle in der Behandlung dynamischer Prozesse. Bodenmarktmodelle wie MUSSA und RURBAN, aber auch räumliche Interaktionsmodelle wie MEPLAN, TRANUS und PECAS erzielen in jeder Simulationsperiode ein Gleichgewicht zwischen Siedlungsentwicklung und Verkehr. Die Nutzenfunktionsmodelle IRPUD, UrbanSim und DELTA sind dagegen quasi-dynamisch (mit diskreten Simulationsperioden) basierend auf der Annahme, dass Stadtregionen offene Systeme sind und deshalb sich kaum jemals im Gleichgewicht befinden.

Ein letzter Unterschied ist, ob die Modelle aggregiert oder agentenbasiert sind, das heißt, ob sie Mikrosimulation verwenden. PECAS, IRPUD und UrbanSim verwenden Mikrosimulation in einigen oder allen Teilmodellen. Diese arbeiten in der Regel mit hochaufgelösten Grundstücken oder Rasterzellen als Raumeinheiten und individuellen Unternehmen und Haushalten als Agenten, zunehmend auch mit aus Mobilfunknetzen oder sozialen Netzen im Internet abgegriffenen Massendaten über individuelles Mobilitäts- oder Konsumverhalten (*Big Data*). Aber viele Mikrosimulationsmodelle weisen noch ungelöste Probleme auf wie etwa die stochastische Variation bei Simulationsläufen mit unterschiedlichen Zufallszahlen (Wegener 2011c).

4 Schlussfolgerungen

Die große Bandbreite der in den vorhandenen Modellen verfolgten Ansätze lässt sich zusammenfassend in räumlicher, inhaltlicher und zeitlicher Hinsicht untergliedern.

Die erste Unterscheidung ist die zwischen Regional- und Stadtmodellen. Regionalmodelle modellieren die Wirtschaftsentwicklung in Form von Arbeitsplätzen oder als Bruttoinlandsprodukt für Regionen. Für diese Modelle sind Wirtschaftsstruktur, Humankapital, Infrastruktur und Erreichbarkeit in Europa die relevanten Produktionsfaktoren und europäische oder nationale Politiken zu Steuern, öffentlichen Investitionen, Freizügigkeit von Kapital und Arbeit sowie Verkehr die maßgeblichen Politikvariablen. Für Stadtmodelle sind andere Variablen wie Flächenverfügbarkeit und lokale Erreichbarkeit die relevanten Standortfaktoren und sowohl nationale Politikmaßnahmen wie Steuern und Gebühren als auch lokale Maßnahmen wie Verkehrsinvestitionen und andere Verkehrspolitik die relevanten Politikvariablen. Diese Unterschiede lassen es als

wahrscheinlich erscheinen, dass kein Modell für alle räumlichen Ebenen von der europäischen bis zur lokalen Ebene geeignet ist, sondern dass ein Mehrebenensystem räumlicher Modelle empfehlenswert ist.

Die zweite Differenzierung ist die zwischen räumlichen Interaktionsmodellen und Standortwahlmodellen. Aus konzeptioneller Sicht erscheint die explizite Abbildung von inter- oder intra-regionalen Personen- und Güterströmen überlegen. Aber wegen der zusätzlichen Komplexität und Datenanforderungen von Input-Output-Ansätzen und des Rechenaufwands, diese Modelle zum Gleichgewicht zu bringen, sind praktische Anwendungen dynamischer SCGE-Modelle bisher die Ausnahme.

Das führt zu der dritten Unterscheidung zwischen Gleichgewichts- und dynamischen Modellen. Offenkundig sind dynamische Modelle besser geeignet, langfristige Verhaltensänderungen vorherzusagen. Deshalb sind wahrscheinlich die Aggregation räumlicher Interaktionen in Erreichbarkeitsindikatoren und die Konzentration auf Anpassungsvorgänge über die Zeit in Produktionsfunktions- oder Nutzenfunktionsmodellen die bessere Wahl.

Das wachsende Interesse an langfristigen Szenarien führt schließlich zu der letzten und wichtigsten Frage, welche Antworten die gegenwärtigen Stadt- und Regionalmodelle in Bezug auf zukünftige Herausforderungen liefern. In Deutschland sind dies insbesondere der demografische Wandel (▷ *Demografischer Wandel*) und die absehbare Verringerung der Bevölkerung sowie die damit verbundenen Probleme schrumpfender Städte und der ▷ *Daseinsvorsorge* in ländlichen Räumen. Andererseits muss mit vermehrter Zuwanderung aus Armutsländern und den damit zusammenhängenden räumlichen Integrationsproblemen gerechnet werden.

Die größten Herausforderungen für die Raumplanung stehen jedoch in Verbindung mit dem Klimawandel (▷ *Klima, Klimawandel*). Die meisten Experten stimmen darin überein, dass infolge der Erschöpfung fossiler Energien, des wachsenden Energiebedarfs schnell wachsender Entwicklungsländer und möglicher politischer Instabilität in den ölproduzierenden Ländern die ▷ *Raumüberwindungskosten* trotz Fortschritten bei energieeffizienten Fahrzeugen und erneuerbaren Energien (▷ *Erneuerbare Energien*) steigen werden. Darüber hinaus wird die Verpflichtung der reichsten Länder der Welt, ihre CO₂-Emissionen bis 2050 um 80 % zu reduzieren, dazu führen, dass die externen Umweltkosten des Verkehrs durch Steuern oder Nutzungsgebühren weiter internalisiert werden, falls die Marktpreise für Energie zu niedrig bleiben, um diese Reduktionsziele zu erreichen. Noch gravierender dürften die Herausforderungen für die ▷ *Raumplanung* durch die Energieeinsparungs- und Treibhausgasreduktionsziele im Gebäudebestand sein.

In dieser Situation ist es bedauerlich, dass in Deutschland Stadt- und Regionalmodelle in der Planungspraxis und Raumplanungsausbildung heute kaum eine Rolle spielen. Die Ursachen hierfür liegen in der erwähnten Abkehr vom synoptischen Rationalismus und der Hinwendung zu alternativen Formen der Raumplanung, die in erster Linie auf Interessenausgleich und Konsensfindung ausgerichtet sind.

Es fragt sich aber, ob angesichts der genannten Herausforderungen der Verzicht auf die wissenschaftliche Erkundung möglicher Alternativen der räumlichen Entwicklung von Städten und Regionen verantwortet werden kann. Allerdings stellt sich auch die Frage, ob die gegenwärtigen Stadt- und Regionalmodelle, die in Zeiten billiger Energie kalibriert wurden, in der Lage sein werden, mit den zu erwartenden nicht marginalen Energiepreiserhöhungen umzugehen. Bis zum Beweis des Gegenteils muss das bezweifelt werden. Wahrscheinlich werden vor allem

Gleichgewichtsmodelle die langfristigen Folgen erheblicher Energiepreissteigerungen für Mobilität und Standortwahl unterschätzen. Dies erfordert einen grundsätzlich neuen Forschungsansatz zur Abschätzung von Theorien und Methoden von Stadt- und Regionalmodellen im Licht dieser neuen Herausforderungen.

Literatur

- Alonso, W. (1964): Location and land use. Cambridge, MA.
- Bransma, J.; Kanacs, d' A.; Monfort, P.; Rillaers, A. (2013): A dynamic spatial general equilibrium model for assessing the impact of cohesion policy. Luxemburg. = JRC Technical Reports 25957.
- Bröcker, J. (2004): Computable general equilibrium analysis in transportation economics. In: Hensher, D. A.; Button, K. J. (eds.): Handbook of transport geography and spatial systems. Kidlington, 269-289. = Handbook in Transport 5.
- Capello, R.; Camagni, R.; Fratesi, U.; Chizzolini, B. (2008): Modelling regional scenarios for an enlarged Europe. Berlin / Heidelberg / New York.
- de la Barra, T. (1989): Integrated land use and transport modelling. Cambridge.
- Echenique, M. (2004): Econometric models of land use and transportation. In: Hensher, D. A.; Button, K. J. (eds.): Handbook of transport geography and spatial systems. Kidlington, 185-202. = Handbook in Transport 5.
- Fan, W.; Treyz, F.; Treyz, G. (2000): An evolutionary New Economic Geography model. In: Journal of Regional Science 40 (4), 671-695.
- Hägerstrand, T. (1970): What about people in regional science? In: Papers of the Regional Science Association 24, 7-21.
- Hunt, J. D.; Abraham, J. E. (2009): PECAS – For spatial economic modeling. Theoretical formulation. Calgary. = HBA Specto Incorporated System Documentation Technical Memorandum 1.
- Lowry, I. S. (1964): A model of metropolis. Santa Monica, CA. = Rand Corporation Report RM-4035-RC.
- Martinez, F.; Donoso, P. (2010): The MUSSA II land use auction equilibrium model. In: Pagliara, F.; Preston, J.; Simmonds, D. (eds.): Residential location choice: Models and applications. Berlin / Heidelberg / New York, 99-113.
- Miyamoto, K.; Vichiensan, V.; Sugiki, N.; Kitazume, K. (2007): Applications of RURBAN integrated with a transport model in detailed zone systems.. Berkeley, CA.
- Oosterhaven, J.; Sturm, J. E.; Zwaneveld, P. (1998): Naar een theoretische onderbouwde aanpak can voorwartse economische effecten: Modelmatige definitie. Groningen/Delft.
- Pfaffenbichler, P. (2003): The strategic, dynamic and integrated urban land use and transport model MARS. Wien.
- Putman, S. H. (1991): Integrated urban models 2. New research and applications of optimization and dynamics. London.

- Schade, W. (2005): Strategic sustainability analysis: Concept and application for the assessment of European transport policy. Baden-Baden. = Karlsruhe Papers in Economic Policy Research 17.
- Simmonds, D. (1999): The design of the DELTA land-use modelling package. In: Environment and Planning B 26, 665-684.
- Waddell, P. (2002): UrbanSim: Modeling urban development for land use, transportation and environmental planning. In: Journal of the American Planning Association 68, 297-314.
- Wegener, M. (2011a): The IRPUD model. Dortmund. = Working Paper 11/01.
- Wegener, M. (2011b): Transport in spatial models of economic development. In: de Palma, A.; Lindsey, R.; Quinet, E.; Vickermann, R. (eds.): A handbook in transport economics. Cheltenham, 46-66.
- Wegener, M. (2011c): From macro to micro – how much micro is too much? In: Transport Reviews 31 (2), 161-170.
- Wegener, M.; Bökemann, D. (1998): The SASI model: Model structure. Dortmund. = Berichte aus dem Institut für Raumplanung 40.
- Zhao, Y.; Kockelman, K. (2004): The random-utility-based multiregional input-output model: Solution existence and uniqueness. In: Transportation Research 38B (9), 789-807.
- Zondag, B. (2007): Joint modelling of land-use, transport and economy. Delft.

Weiterführende Literatur

- Fischer, M. M.; Nijkamp, P. (eds.) (2014): Handbook of regional science. Berlin / Heidelberg / New York.
- Hensher, D. A.; Button, K. (eds.) (2004): Handbook of transport geography and spatial systems. Kidlington. = Handbook in Transport 5.
- Pagliara, F.; Preston, J.; Simmonds, D. (eds.) (2010): Residential location choice. Models and applications. Berlin / Heidelberg / New York.
- Pagliara, F.; de Bok, M.; Simmonds, D.; Wilson, A. (eds.) (2013): Employment location in cities. Models and applications. Berlin / Heidelberg / New York.
- Reggiani, A.; Button, K.; Nijkamp, P. (eds.) (2006): Planning models. Cheltenham. = Classics in Planning 2.

Bearbeitungsstand: 02/2017