

Modelle der räumlichen Stadtentwicklung – alte und neue Herausforderungen

Michael Wegener
Spiekermann & Wegener Stadt- und Regionalforschung
Lindemannstraße 10, 44137 Dortmund
E-mail: mw@spiekermann-wegener.de

Einleitung

Mehr als die Hälfte aller Menschen leben in Städten, und der Anteil der städtischen Bevölkerung nimmt weiter zu. Die wachsenden Städte dehnen sich immer weiter in ihr Umland aus. Die Folgen sind Zerstörung des Freiraums, immer weitere Wege, steigender Energieverbrauch und stärkere Umweltbelastung. Diese Entwicklung steht im Widerspruch zur Notwendigkeit, aus Gründen des Klimaschutzes den Verbrauch fossiler Energie und damit den Ausstoß des Treibhausgases Kohlendioxid (CO₂) vor allem in den reichen Ländern der Welt wesentlich zu reduzieren. Sparsamere Autos und alternative Treibstoffe reichen dazu nicht aus. Für die Raumentwicklung bedeutet dies, dass die mit dem Auto zurückgelegten Entfernungen verringert werden müssen.

Viele Fachleute sind der Meinung, dass die Zunahme des Stadtverkehrs und damit seines Energieverbrauchs und seiner CO₂-Emissionen eine Funktion der Siedlungsdichte ist, und empfehlen eine Rückkehr zu kompakten Flächennutzungsstrukturen mit hoher Dichte und kleinräumiger Durchmischung der Nutzungen. Das Problem dieser Empfehlungen ist, dass der Nachweis ihrer Wirksamkeit bisher nicht erbracht werden konnte. Im Gegenteil, es gibt inzwischen genügend Hinweise, dass sie unter den heutigen Bedingungen eines weitgehend unregulierten Verkehrsmarkts und niedriger Verkehrskosten nicht zu einer signifikanten Senkung des Energieverbrauchs im Stadtverkehr führen würden. Damit stellt sich die für die Stadtplanung wichtige Frage, ob eine Rückkehr zu höheren Siedlungsdichten in Stadtregionen tatsächlich notwendig ist: Müssen wir unsere Städte umbauen?

Die Beantwortung dieser Frage erfordert die Abschätzung der Wirkungen von Maßnahmen zur Reduzierung des Verkehrsaufwands. Hierfür gibt es grundsätzlich drei methodische Ansätze. Erstens kann man Menschen fragen, wie sich ihr Mobilitätsverhalten bei Änderung der Rahmenbedingungen verändern würde ("stated preference"). Zweitens kann man aus Beobachtungen des Mobilitätsverhaltens von Menschen unter verschiedenen Rahmenbedingungen Schlüsse darauf ziehen, wie sie sich unter veränderten Rahmenbedingungen verhalten würden ("revealed preference"). Drittens kann man Mobilitätsverhalten in mathematischen Modellen simulieren.

Alle drei methodischen Ansätze haben Vor- und Nachteile. In Befragungen können auch subjektive Faktoren von Mobilitätsentscheidungen aufgedeckt werden. Befragungen leiden jedoch darunter, dass die Befragten nur Vermutungen darüber anstellen können, wie sie sich in noch unbekanntem Situationen verhalten würden; über die Validität dieser Vermutungen ist nichts bekannt. Empirische, auf Beobachtungen basierende Untersuchungen erzeugen differenzierte und verlässliche Ergebnisse; diese gelten jedoch nur für bereits existierende Situationen und sind deshalb zur Abschätzung der Wirkungen neuartiger Maßnahmen nicht geeignet. Auch ist es zumeist nicht möglich, beobachtete Verhaltensänderungen eindeutig einzelnen Ursachen zuzuordnen, da sich in der Realität zumeist mehrere Einflussgrößen zugleich verändern.

Mathematische Modelle des menschlichen Verhaltens beruhen ebenfalls auf empirischen Befragungen oder Beobachtungen, nur dass in ihnen die Wirkungszusammenhänge und Schlussfolgerungen quantifiziert werden. Für mathematische Modelle gilt deshalb streng genommen wie für empirische Verfahren, dass ihre Ergebnisse nicht universell gültig sind, sondern nur in zukünftigen Situationen, die denen ähnlich sind, in denen ihre Parameter geschätzt wurden. Dennoch kann in mathematischen Modellen abgebildetes menschlichen Verhalten bei Einhaltung bestimmter Regeln der Modellbildung in gewissen Grenzen auch auf unbekannte Situationen übertragen werden. Zudem sind mathematische Modelle die einzige Methode, mit der die Wirkung einzelner Einflussfaktoren abgeschätzt werden kann, indem alle übrigen Einflussfaktoren konstant gehalten werden.

Mathematische Simulationsmodelle, in denen die Wechselwirkungen zwischen Flächennutzung und Verkehr abgebildet werden, können daher nicht nur dazu benutzt werden, die wahrscheinliche räumliche Entwicklung der Stadt und die aus ihr resultierende Mobilität vorherzusagen, sondern darüber hinaus Informationen für ihre Steuerung in Richtung auf eine sozial- und umweltverträgliche Stadt- und Verkehrsstruktur bereitstellen.

In diesem Beitrag wird die Geschichte der Modelle der räumlichen Stadtentwicklung weltweit und in Deutschland nachgezeichnet. Es wird versucht zu erklären, warum diese Art von Modellen in Deutschland im Gegensatz zu anderen Ländern wie den Niederlanden, Großbritannien und den USA kaum in der Stadtplanung eingesetzt worden sind, und es wird argumentiert, dass die demographischen und ökologischen Herausforderungen, denen die Städte in Deutschland sich gegenüber sehen, in Zukunft den Einsatz derartiger Methoden der Zukunftserkundung notwendig machen werden.

Flächennutzung und Verkehr

Dass Flächennutzung und Verkehr in Stadtregionen eng miteinander verknüpft sind, ist allgemein bekannt. Dass die räumliche Trennung menschlicher Aktivitätsstandorte die Bewegung von Personen und Gütern zwischen ihnen erfordert, ist die Grundannahme der Verkehrsanalyse und -prognose. Danach ist es leicht zu verstehen, dass die Ausbreitung der Städte im Zuge der Suburbanisierung mit zunehmender räumlicher Arbeitsteilung und somit zunehmender Mobilität verbunden ist.

Der umgekehrte Zusammenhang vom Verkehr zur Flächennutzung ist dagegen weniger gut bekannt. Es besteht wohl eine undeutliche Vorstellung davon, dass die Entwicklung von der weitgehend fußläufigen mittelalterlichen Stadt zu den heutigen ausgedehnten Ballungsgebieten mit ihren täglichen Verkehrsströmen ohne die Eisenbahn und später das private Automobil nicht möglich gewesen wäre. Aber genau wie die Entwicklung des Verkehrssystems die Standortentscheidungen von Grundstückseigentümern, Investoren, Unternehmen und Haushalten beeinflusst, wird selbst von manchen Stadtplanern nicht ganz verstanden.

Die Erkenntnis, dass Wege- und Standortentscheidungen einander gegenseitig bestimmen, hat zum Konzept des Regelkreises Flächennutzung und Verkehr ("land-use transport feedback cycle") geführt (Wegener und Fürst, 1999). Seine Wirkungszusammenhänge können wie folgt zusammengefasst werden (Abbildung 1):

- Die Verteilung der Flächennutzungen wie Wohnen, Gewerbe und Industrie und öffentliche Einrichtungen bestimmt die Standorte der Haushalte und Betriebe und damit die Standorte der menschlichen Aktivitäten wie Wohnen, Arbeiten, Einkaufen, Ausbildung und Erholung.

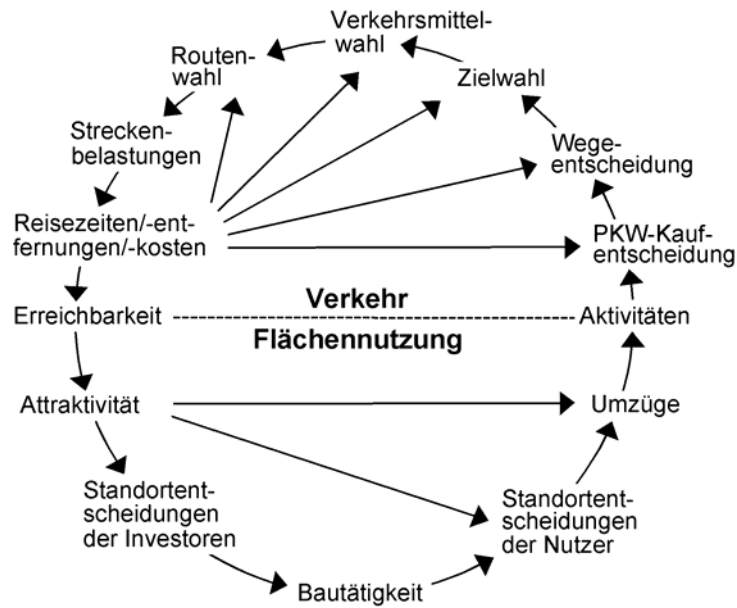


Abbildung 1. Der Regelkreis Flächennutzung und Verkehr

- Die Verteilung der Aktivitäten erfordert Ortsveränderungen, um die räumliche Entfernung zwischen diesen Standorten zu überwinden.
- Diese Ortsveränderungen erfolgen über das Verkehrssystem aufgrund von Entscheidungen der Verkehrsteilnehmer über die Verfügbarkeit eines Verkehrsmittels, die Häufigkeit von Wegen, die Ziele, das benutzte Verkehrsmittel und die eingeschlagene Route. Die Folge dieser Entscheidungen sind die Verkehrsströme und im Falle von Verkehrsstaus Erhöhungen der Reisezeiten, Wegelängen und Wegekosten.
- Reisezeiten, Wegelängen und Wegekosten bestimmen die Lagegunst oder Erreichbarkeit von Standorten. Die räumliche Verteilung der Erreichbarkeit beeinflusst, mit anderen Attraktivitätsmerkmalen, die Standortentscheidungen von Bauinvestoren und resultiert in Neubau, Modernisierung oder Abriss von Gebäuden. Das Angebot an Gebäuden bestimmt die Umzugsentscheidungen von Haushalten und Betrieben und somit die Verteilung der Aktivitäten im Raum.

Modelle der räumlichen Stadtentwicklung

Die zunehmende Kenntnis dieser Zusammenhänge und die Einsicht, dass deshalb Flächennutzungs- und Verkehrsplanung koordiniert werden müssen, führten bereits in den 1960er Jahren in den USA zur Entwicklung der ersten integrierten Flächennutzungs- und Verkehrsmodelle. Das *Model of Metropolis* von Lowry (1964) ist der erste Versuch, den Regelkreis Flächennutzung und Verkehr in einem Modell zu operationalisieren. Das Modell besteht im wesentlichen aus zwei miteinander verknüpften Standortwahlmodellen für Wohnungen und Einzelhandels- und Dienstleistungseinrichtungen. Das Lowry-Modell stimulierte zahlreiche zunehmend komplexere Modellansätze in den USA, darunter die Modelle von Goldner (1971) und Putman (1983; 1991) und bald auch in Europe von Echenique (Gerald u.a., 1978) und Mackett (1983).

Viele dieser frühen Modelle waren wegen unerwarteter Schwierigkeiten bei der Datenbeschaffung und Eichung und der noch unvollkommenen Computertechnik nicht erfolgreich. Wichtiger war jedoch, dass die Modelle im wesentlichen auf Stadtwachstum und Effizienz des Verkehrssystems orientiert waren und zu den damaligen ethnischen und sozialen Konflikten der amerikanischen Städte nicht zu sagen hatten. Darüber hinaus waren sie dem Ideal des "synoptischen Rationalismus"

in der Planungstheorie verhaftet, welches zunehmend durch inkrementalistische, partizipatorische Planungsformen ersetzt wurde. In seinem "Requiem for large-scale models" warf Lee (1973) den Modellen deshalb sieben Sünden vor: sie seien zu umfassend, zu grob, zu mechanisch, zu teuer, zu datenhungrig, zu kompliziert und überhaupt insgesamt verkehrt. Die Folge dieser Entwicklungen war, dass die Entwicklung der Modelle fast nur noch an Universitäten fortgeführt wurde.

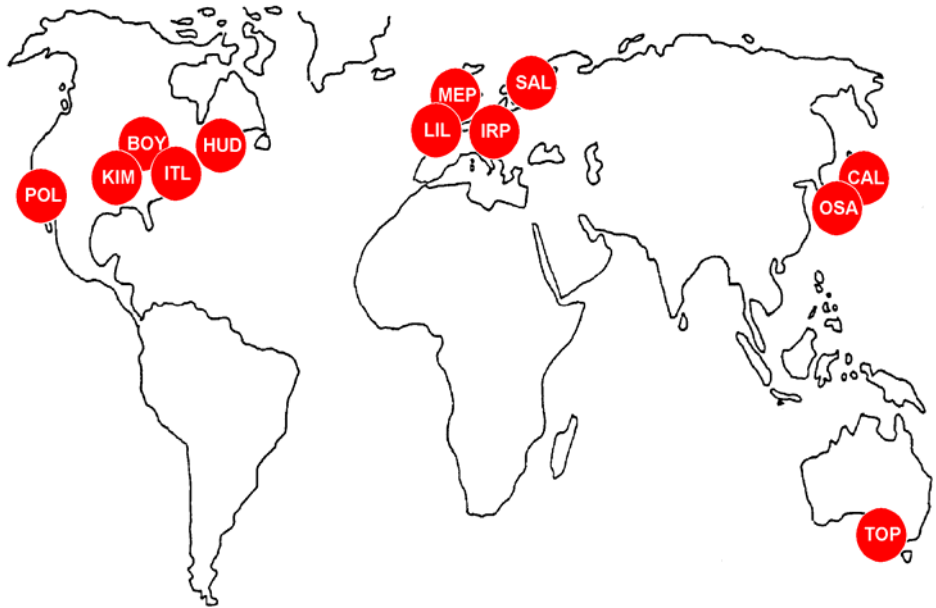
Aber das Requiem war verfrüht. Viele der technischen Probleme der Modelle wurden durch bessere Datenverfügbarkeit und schnellere Computer gelöst. Die räumliche und inhaltlich Auflösung der Modelle konnte erhöht werden, und sie konnten auf inzwischen verfügbare bessere Theorien wie Bodenmarkttheorie (bid-rent theory), Entscheidungstheorie (discrete choice theory) und die Theorie des Nutzergleichgewichts (user equilibrium theory) in Verkehrsnetzen begründet werden. Darüber hinaus machten neue Visualisierungstechniken die Ergebnisse der Modell für Bürger und Politiker verständlicher. Eine neue Generation von Modellen schenkte Fragen der sozialen Gerechtigkeit mehr Aufmerksamkeit. Abbildung 2 gibt einen Überblick über die wichtigsten integrierten Flächennutzungs- und Verkehrsmodelle in den 1980er Jahren.

Die 1990er Jahre brachten einen weiteren Aufschwung in der Entwicklung der Modelle der räumlichen Stadtentwicklung. Neue Umweltgesetze in den USA verlangten, dass Städte, die Bundesmittel für Verkehrsinvestitionen beantragten, die Auswirkungen der geplanten Verkehrsinfrastrukturmaßnahmen auf die Siedlungsentwicklung nachwiesen. Das hatte zur Folge, dass nahezu jede größere Stadtregion in den USA ein integriertes Flächennutzungs- und Verkehrsmodell unterhielt. In Europa finanzierte die Europäische Kommission ein großangelegtes Forschungsprogramm "Die Stadt von morgen", in dem in mehreren Projekten integrierte Flächennutzungs- und Verkehrsmodelle entwickelt und angewendet wurden (Marshall und Banister, 2007). Mehrere integrierte Flächennutzungs- und Verkehrsmodelle (TRANUS, MEPLAN, METROPILUS, IMREL, RURBAN, UrbanSim, DELTA and PECAS) wurden in einer wachsenden Zahl von Stadtregionen weltweit angewendet, und die ersten derartigen Modelle (TRANUS und UrbanSim) wurden als Open Source Software im Internet für jedermann verfügbar gemacht.

Noch jüngere Entwicklungen scheinen eine goldene Zukunft für Modelle der räumlichen Stadtentwicklung zu eröffnen. Weitere Fortschritte in Datenverfügbarkeit, geographische Informationssysteme (GIS) und neue Computertechniken (Parallelverarbeitung) haben frühere technische Grenzen beseitigt. Neue Entwicklungen in Theorie und Methode der Modellbildung wie aktivitätsorientierte und agentenbasierte Modelle haben die Bandbreite von Fragen, die mit den Modellen untersucht werden können, erweitert. Eine weltweite Gemeinschaft von Modellentwicklern trifft sich regelmäßig auf Tagungen wie der World Conference on Transport Research (WCTR), Computers in Urban Planning and Management (CUPUM) und der Jahrestagung des Transportation Research Board (TRB). Abbildung 3 zeigt die wichtigsten integrierten Flächennutzungs- und Verkehrsmodelle in der Welt heute (Wegener, 2004).

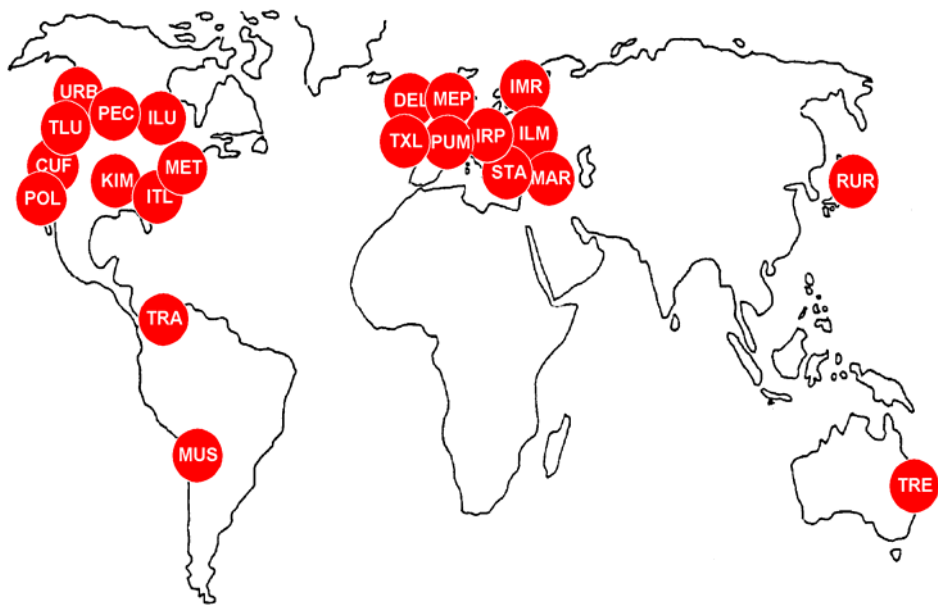
Stadtentwicklungsmodelle in Deutschland

Im Gegensatz zu anderen Ländern, insbesondere Großbritannien, den USA, Kanada, Australien, Schweden und den Niederlanden, sind integrierte Flächennutzungs- und Verkehrsmodelle in der Planungspraxis der deutschen Städte bisher so gut wie nicht angewendet worden. Von den in der Abbildung 3 gezeigten Modellen wurden nur drei in Deutschland entwickelt, das am Institut für Raumplanung der Universität Dortmund entwickelte IRPUD-Modell (Wegener, 1983a; 1998a), das am Steinbeis-Transferzentrum Angewandte Systemanalyse entwickelte STASA-Modell (Haag, 1990; 2008) sowie das in einem Gemeinschaftsprojekt mehrerer Forschungseinrichtungen in Deutschland entwickelte ILUMASS-Modell (Moeckel u.a., 2006; Beckmann u.a., 2007).



BOY	Boyce	IRP	IRPUD	MEP	MEPLAN	POL	POLIS
CAL	CALUTAS	ITL	ITLUP	LIL	LILT	SAL	SALOC
HUD	Kain	KIM	Kim	OSA	Osaka	TOP	TOPAZ

Abbildung 2. Integrierte Flächennutzungs- und Verkehrsmodelle 1980



CUF	CUFM	DEL	DELTA	ILM	ILUMASS	ILU	ILUTE
IMR	IMREL	IRP	IRPUD	ITL	ITLUP	KIM	Kim
MAR	MARS	MEP	MEPLAN	MET	METROSIM	MUS	MUSSA
PEC	PECAS	POL	POLIS	PUM	PUMA	RUR	RURBAN
STA	STASA	TLU	TLUMIP	TRA	TRANUS	TXL	TIGRIS XL
TRE	TRESIS	URB	UbanSim				

Abbildung 3. Integrierte Flächennutzungs- und Verkehrsmodelle heute

Alle drei Modelle sind bisher nur für jeweils eine einzige Stadtregion angewendet worden, Stuttgart im Falle von STASA und Dortmund im Falle von IRPUD und ILUMASS. Die Entwicklung und alle Anwendungen der drei Modelle wurden von akademischen Forschungsförderungsinstitutionen, der Europäischen Kommission oder Bundes- oder Landesministerien finanziert. Obwohl die drei Modelle international große Anerkennung erfuhren, zeigten die Stadtplanungsämter der untersuchten Städte nur wenig Interesse an den Ergebnissen.

Die Ursachen für diesen Misserfolg liegen in der besonderen Entwicklung der Planungskultur in Deutschland.

Die Geschichte der Raumplanung in Deutschland beginnt in den 1960er Jahren, als nach dem Vorbild der angelsächsischen Länder interdisziplinäre Raumplanungsstudiengänge in Dortmund, Berlin und Kaiserslautern eingerichtet wurden. Die neue Disziplin griff die aus den USA stammenden Entwicklungen in Systemanalyse, Operations Research und mathematischer Optimierung auf, um sie auf räumliche Systeme anzuwenden. Die neuen Systemtechniken galten als fortschrittlich, rational und objektiv gegenüber der Rückständigkeit, Irrationalität und Subjektivität der traditionellen Berufspraxis (Wegener, 1983b). Das Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau finanzierte die Entwicklung des Simulationsmodells POLIS, des Vorläufers des IRPUD-Modells, am Battelle-Institut in Frankfurt (Küppers u.a., 1973). Das Modell wurde am Beispiel Darmstadts erprobt (Ruppert, 1976) und später für die Städte Wien (Wegener, 1973) und Köln (Ruppert und Würdemann, 1979) angewendet.

Die Energiekrise der 1970er und die Wirtschaftskrisen der 1980er Jahre zerstörten den Glauben an die Möglichkeit anhaltenden Wachstums und die Prognostizierbarkeit und Planbarkeit der Zukunft. Die Globalisierung der Handelsbeziehungen verschärfte den internationalen ökonomischen Wettbewerb. Regierungswechsel in Amerika, Großbritannien und der Bundesrepublik brachten eine Trendwende in der Wirtschaftspolitik in Richtung auf Deregulierung, Privatisierung, Forcierung des Wettbewerbs und Abbau von Sozialleistungen. In einer solchen Welt war kein Platz für eine starke Planung. An die Stelle der "großen Entwürfe" trat ein kleinteiliger Aushandlungsprozess zwischen einer Vielzahl öffentlicher, halböffentlicher und privater Akteure.

Diese Veränderungen des politischen und gesellschaftlichen Umfelds hatten ihre Auswirkungen auf die Raumplanung (Wegener, 1998b). In einem inkrementalistischen Planungsprozess ist kein Bedarf für strategische Zukunftsszenarien. Deshalb findet seit den 1970er Jahren in der Planungspraxis der deutschen Städte keine Entwicklung auf dem Gebiet der integrierten Stadtentwicklungsmodelle mehr statt. In der Raumplanungsausbildung an deutschen Hochschulen werden quantitative Analyse-, Prognose- und Bewertungsverfahren nur noch selten vermittelt, und die verschiedenen Modelltechniken, die im Ausland ein anerkanntes Feld wissenschaftlicher Betätigung sind, lernen Planungsstudierende hierzulande nur vom Hörensagen kennen.

Alte und neue Herausforderungen

Aber die Welt verändert sich schnell, und es ist nicht ausgeschlossen, dass der ganzheitliche Ansatz der integrierten Modelle der räumlichen Stadtentwicklung schon bald auch in Deutschland zu neuer Aktualität kommt.

Der Grund hierfür liegt in den sich verändernden Problemen der Raumplanung. Die ersten integrierten Flächennutzungs- und Verkehrsmodelle waren wie gesagt im wesentlichen auf die Bewältigung der Probleme des raschen Wachstums der Stadtregionen wie Flächenverbrauch und Ausbau des Verkehrssystems ausgerichtet. Die zweite Generation von Modellen berücksichtigte – nach der Kritik von Lee – in zunehmendem Maße Verteilungsgesichtspunkte der räumlichen

Stadtentwicklung wie soziale und ethnische Segregation, Erreichbarkeit öffentlicher Einrichtungen und welche Bevölkerungsgruppen bei Durchführung bestimmter Maßnahmen gewinnen oder verlieren (Wegener, 1994). Die dritte heute aktuelle Generation versucht, der Individualisierung der Lebensstile und Präferenzen durch immer weitere räumliche, zeitliche und inhaltliche Disaggregation gerecht zu werden. Erst wenige Modelle sind in der Lage, auch die Auswirkungen von Planungsmaßnahmen auf Luftqualität, Verkehrslärm, Freiraum und Treibhausgasemissionen aufzuzeigen (Lautso u.a., 2004).

Aber schon rücken neue Herausforderungen in den Vordergrund, die selbst von den am weitesten entwickelten Modellen der räumlichen Stadtentwicklung nicht bewältigt werden.

Die erste neue Herausforderung ist der für viele Stadtregionen in Deutschland bereits absehbare Übergang von Wachstum zu Schrumpfung. Damit ist nicht jeder Rückgang der Einwohnerzahl gemeint. Bei geringen Einwohnerverlusten und mäßigem Wirtschaftswachstum besteht durch fortschreitende Verringerung der Haushaltsgrößen und Zunahme des Wohnflächenverbrauchs je Haushalt weiterhin ein Bedarf für neue Wohnungen. Ähnliches gilt für die Arbeitsplätze wegen des wachsenden Flächenverbrauchs je Beschäftigten. Erst wenn wie in einigen Städten Ostdeutschlands die Verluste an Einwohnern und Arbeitsplätzen stärker sind als die Zunahme des Flächenverbrauchs je Einwohner oder Arbeitsplatz, geht es nicht mehr um die Verteilung von Wachstum, sondern um Nutzungsänderung oder sogar Abriss. Nur wenige der heutigen Stadtentwicklungsmodelle können damit umgehen.

Die zweite und noch größere Herausforderung für die Modelle ergibt sich aus der Möglichkeit zukünftiger Energiekrisen und den Anforderungen des Klimaschutzes. Beide Ursachen werden Mobilität wahrscheinlich erheblich teurer machen. Für die Modellbildung ist es gleichgültig, ob Autofahrten durch Preissteigerungen für fossile Energie auf dem Weltmarkt oder durch staatliche Maßnahmen zur Erreichung von Klimaschutzziele wie CO₂-Steuern, Straßenbenutzungsgebühren oder neue Fahrzeugtypen oder alternative Treibstoffe teurer werden. Es ist unwahrscheinlich, dass die CO₂-Reduktionsziele der europäischen Regierungen ohne einschneidende Veränderungen der Rahmenbedingungen der Mobilität und Raumeignung in Stadtregionen, insbesondere ohne signifikante Verteuerungen fossiler Treibstoffe und konsequente Bauverbote im städtischen Umland erreicht werden können.

Die meisten heutigen integrierten Flächennutzungs- und Verkehrsmodelle sind darauf nicht vorbereitet. Viele Modelle sind nicht in der Lage, wahrscheinliche Klimaschutzmaßnahmen wie CO₂-Steuern, Emissionszertifikate, Maßnahmen zur Verkehrslenkung wie Straßenbenutzungsgebühren, Förderung alternativer Fahrzeuge oder Treibstoffe oder Bauverbote im Umland, Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden und Förderung dezentraler Energieversorgungssysteme zu simulieren. Noch weniger Modelle sind in der Lage, die durch solche Maßnahmen am meisten betroffenen Bevölkerungsgruppen oder Ortsteile oder die durch die Maßnahmen möglicherweise auftretende Verschlechterung des Zugangs zu lebensnotwendigen Dienstleistungen wie Schulen oder Gesundheitseinrichtungen in gering verdichteten suburbanen oder ländlichen Gebieten und der Teilhabe am kulturellen Leben zu identifizieren.

Auch viele heutige Verkehrsmodelle können die Auswirkungen signifikanter Energie- und Treibstoffpreiserhöhungen nicht korrekt wiedergeben. Nur wenige Verkehrsmodelle berücksichtigen Wegekosten in ihren Teilmodellen für Verkehrserzeugung, Verkehrsverteilung und Verkehrsmittelwahl und können somit durch Änderungen der Wegekosten induzierten oder unterdrückten Verkehr prognostizieren. Die meisten Verkehrsmodelle verwenden Preiselastizitäten, die zu Zeiten billiger Wegekosten geschätzt wurden. Nur wenige Modelle berücksichtigen die verfügbaren Einkommen der Haushalte für Wohnen, Verkehr und andere Ausgaben und modellieren Pkw-Besitz in Abhängigkeit von dem für Verkehrsausgaben verfügbaren Teil des Einkommens.

Dass mit geeigneten Modellen überprüfbare und plausible Aussagen zu den Auswirkungen auch starker Veränderungen der Rahmenbedingungen der Mobilität gemacht werden können, zeigen die Ergebnisse der EU-Projekte PROPOLIS (Lautso u.a., 2004) und STEPs (Fiorello u.a., 2006). Sie zeigen, dass mit geeigneten Kombinationen von Verkehrs- und Flächennutzungsmaßnahmen wie Erhöhung der Kosten des Autoverkehrs, Verbesserung des öffentlichen Verkehrs und Eindämmung weiterer Zersiedelung erhebliche Verringerungen der Treibhausgasemissionen des Stadtverkehrs ohne unannehmbare Verluste an Lebensqualität erreicht werden können.

Zusammenfassung

Während und nach der Energiewende wird Energie für den Verkehr nicht mehr unbeschränkt vorhanden und billig, sondern knapp und teuer sein. Dies wird erhebliche Konsequenzen für Mobilitäts- und Standortwahlverhalten in Städten haben. Stadtentwicklungsmodelle, die an in der Vergangenheit beobachtetem Verhalten geeicht sind und Wege- und Standortkosten nicht in Relation zu den Haushaltseinkommen berücksichtigen, können diese Verhaltensänderungen nicht angemessen prognostizieren. Hierzu müssen integrierte Flächennutzungs- und Verkehrsmodelle in erster Linie die Grundbedürfnisse der Haushalte, von denen angenommen werden kann, dass sie relativ unverändert bleiben werden, wie etwa Schutz und Sicherheit in der Wohnung, Erreichbarkeit von Arbeitsplatz, Ausbildung, Einkaufen und notwendigen Dienstleistungen und die Restriktionen der Ausgaben für Wohnen und Verkehr durch die Haushaltseinkommen berücksichtigen.

Um der Gefahr zu entgehen, dass die Modelle wieder, wie damals von Lee, von der Planungspraxis abgelehnt werden, müssen sie heute sieben neue Todsünden vermeiden: zu viel Glaube an vergangene Trends, an stabiles Gleichgewicht, an beobachtetes Verhalten, an Präferenzen, an statistische Kalibration, an unnötiges Detail und an die Vorhersagbarkeit der Zukunft. Stattdessen geht es heute um mehr Offenheit gegenüber grundsätzlichen Veränderungen, mehr Aufmerksamkeit für dynamische Anpassungsprozesse, bessere Theorien über menschliche Grundbedürfnisse, mehr Beachtung der Restriktionen menschlichen Verhaltens, gründlichere Plausibilitätsanalysen, mehr Konzentration auf langfristige, strategische Herausforderungen und schließlich eine Neuorientierung der Zielsetzung der Modellierung weg von der Frage, was politisch durchsetzbar ist hin zu der Frage, was getan werden muss.

Literatur

Beckmann, K.J., Brüggemann, U., Gräfe, J., Huber, F., Meiners, H., Mieth, P., Moeckel, R., Mühlhans, H., Schaub, H., Schrader, R., Schürmann, C., Schwarze, B., Spiekermann, K., Strauch, D., Spahn, M., Wagner, P., Wegener, M. (2007) *ILUMASS: Integrated Land-Use Modelling and Transport System Simulation*. Endbericht. Berlin: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). http://www.spiekermann-wegener.de/pro/pdf/ILUMASS_Endbericht.pdf.

Fiorello, D., Huismans, G., López, E., Marques, C., Steenberghen, T., Wegener, M., Zografos, G. (2006) *Transport Strategies under the Scarcity of Energy Supply*. Final Report of the EU project "STEPS – Scenarios for the Transport and Energy Supply and their Potential Effects", herausgegeben von A. Monzon and A. Nuijten. Den Haag: Buck Consultants. <http://www.steps-eu.com/reports.htm>.

Geraldes, P., Echenique, M.H., Williams, I.N. (1978) A spatial economic model for Bilbao. In: *Proceedings of the PTRC Summer Annual Meeting*, 75-94. London: PTRC.

- Goldner, W. (1971) The Lowry model heritage *Journal of the American Institute of Planners*, 37, 100-110.
- Haag, G. (1990) Master equations. In: Bertuglia, C.S., Leonardi, G., Wilson, A.G. (Hg.) *Urban Dynamics. Designing an Integrated Model*, 69-83. London/New York: Routledge.
- Haag, G. (2008) The Dynamics of Complex Urban Systems: Theory and Application of the STASA-Model within the Scatter Project. In: Albeverio, S., Andrey, D., Giordano, P., Vancheri, A. (Hg.): *The Dynamics of Complex Urban Systems: An Interdisciplinary Approach*. Heidelberg: Physica Verlag, 245-264.
- Lee, D.B. (1973) Requiem for large-scale models. *Journal of the American Institute of Planners* 39, 163-178.
- Küppers, D., Meise, J., Wilken, D., Wegener, M. (1973) *Simulationsmodell POLIS. Benutzerhandbuch*. Städtebauliche Forschung 03.012. Bonn: Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau.
- Lautso, K., Spiekermann, K., Wegener, M., Sheppard, I., Steadman, P., Martino, A., Domingo, R., Gayda, S. (2004) *PROPOLIS: Planning and Research of Policies for Land Use and Transport for Increasing Urban Sustainability*. PROPOLIS Final Report. Helsinki: LT Consultants. <http://www1.wspgroup.fi/lt/propolis>.
- Lowry, I.S. (1964) *A Model of Metropolis*. RM-4035-RC. Santa Monica, CA: Rand Corporation.
- Mackett, R.L. (1983) *The Leeds Integrated Land-Use Transport Model (LILT)*. Supplementary Report SR 805. Crowthorne, Berkshire: Transport and Road Research Laboratory.
- Marshall, S., Banister, D., Hg. (2007) *Land Use and Transport. European Research towards Integrated Policies*. London: Elsevier.
- Moeckel, R., Schwarze, B., Wegener, M. (2006) Das Projekt ILUMASS: Mikrosimulation der räumlichen, demografischen und wirtschaftlichen Entwicklung. *Stadt Region Land* 81, 53-61.
- Putman, S.H. (1983) *Integrated Urban Models: Policy Analysis of Transportation and Land Use*. London: London: Pion.
- Putman, S.H. (1991) *Integrated Urban Models 2. New Research and Applications of Optimization and Dynamics*. London: Pion.
- Ruppert, W.-R. (1976) Simulation alternativer Entwicklungen. *Stadt Region Land* 39, 96-103.
- Ruppert, W.-R., Würdemann, G. (1979) *Anwendung des Simulationsmodells POLIS für die Stadtentwicklungsplanung Köln*. Städtebauliche Forschung 03.072. Bonn: Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau.
- Wegener, M. (1973) *POLIS Wien: Anwendung des Simulationsmodells POLIS für die Stadtentwicklungsplanung Wiens*. Frankfurt: Battelle-Institut.
- Wegener, M. (1983a) Wirtschaftsentwicklung und räumlicher Strukturwandel in Stadtregionen. Hypothesen und Modellrechnungen am Beispiel des östlichen Ruhrgebiets. *Stadt Region Land* 59, 21-31.
- Wegener, M. (1983b) The impact of systems analysis on urban planning: the West German experience. In: Batty, M., Hutchinson, G.B., (Hg.): *Systems Analysis in Urban Policy Making and Planning*. New York: Plenum, 125-152.
- Wegener, M. (1994) Mobilität und Raumeignung als Gerechtigkeitsproblem. In: Sturm, P. (Hg.): *Um die Wette leben – Geschwindigkeit, Raum und Zeit*. Schriftenreihe 39. Bochum: SRL, 83-95.
- Wegener, M. (1998a) Das IRPUD-Modell: Überblick. <http://irpud.raumplanung.uni-dortmund.de/irpud/pro/mod/mod.htm>.

Wegener, M. (1998b) Zukunft der Raumplanung. In: Altrock, U., Frick, D., Kuder, T. (Hg.): Zwischenbilanz. Standort und Perspektiven der Stadt- und Regionalplanung. Berlin: Technische Universität Berlin, 45-57.

Wegener, M. (2004): Overview of land-use transport models. In: Hensher, D.A., Button, K.J. (Hg.): Transport Geography and Spatial Systems. Handbook 5 of Handbook in Transport. Kidlington, UK: Pergamon/Elsevier Science, 127-146.

Wegener, M., Fürst, F. (1999): *Land-Use Transport Interaction: State of the Art*. Berichte aus dem Institut für Raumplanung 46. Dortmund: Institut für Raumplanung, Universität Dortmund. <http://www.raumplanung.uni-dortmund.de/irpud/fileadmin/irpud/content/documents/publications/ber46.pdf>.