

Einzelhandel und Verkehr – Ergebnisse einer Multiagentensimulation von Konsumentenentscheidungen

VON JÜRGEN RAUH, WÜRZBURG, TILMAN A. SCHENK, LEIPZIG
UND PHILIP ULRICH, OSNABRÜCK

1. Das Individuum im Raum: Theorie und Modellbildung

Die Modellierung räumlicher Phänomene in den sozialwissenschaftlich orientierten (Teil-) Disziplinen der Raumwissenschaften basierten in der Vergangenheit meist auf aggregierten Ausgangsdaten. Obwohl diese Vorgehensweise bereits grundsätzlich in Frage gestellt worden ist (OPENSHAW 1978), wurde und wird sie bis in die Gegenwart praktiziert (u.a. WILSON & BENNETT 1985, LÖFFLER & KLEIN 1989, GÜSEFELDT 2002), wofür mehrere Gründe anzuführen sind: Einerseits sind soziodemographische Daten in den meisten Fällen nicht auf individueller Ebene verfügbar, weil ihre Erhebung nicht mit Datenschutzrichtlinien vereinbar ist oder schlicht Kosten in nicht zu rechtfertigender Höhe verursachen würde. Andererseits fehlten bislang auf technischer Seite sowohl effiziente Modellierungsansätze für Massendaten, als auch die ausreichenden Rechnerkapazitäten. Dabei waren, ausgehend von der theoretischen Basis einer „Verhaltensgeographie“ (THOMALE 1974, WIESSNER 1978) bzw. „Mikrogeographie“ (TZSCHASCHEL 1986), später einer „Handlungstheorie“ (WERLEN 1987, 2000, WIRTH 1981, 1999), schon recht früh Versuche mit Individualmodellen gemacht worden (GOLLEDGE & TIMMERMANS 1988, TIMMERMANS, ARENTZE, JOH 2002). Häufig wird jedoch kritisiert, dass individuelle Modellierung Raumstrukturen als Ergebnis massenhafter individueller Entscheidungen begreift, was in einzelnen Anwendungen genügen mag und verlockend einleuchtend erscheint: Verkehrsströme entstehen, weil sich viele Individuen (unabhängig voneinander) zur selben Zeit für eine bestimmte Route entscheiden, Städte entstehen, weil viele Individuen denselben Wohnstandort wählen. Vernachlässigt werden dabei mögliche Einschränkungen der individuellen Entscheidungsfreiheit (MEUSBURGER 1999), deren Darstellung derzeit mit dem Konzept der Institutionen (u.a. SCHAMP 2003) intensiv diskutiert wird. Weiterhin wird gefordert, einen Informationsaustausch und die Kooperation zwischen den Individuen stärker in solche Modellierungen zu integrieren.

Anschriften der Verfasser:

Prof. Dr. Jürgen Rauh
Institut für Geographie
Universität Würzburg
Am Hubland
97074 Würzburg
e-mail: juergen.rauh@mail.uni-wuerzburg.de

Dr. Tilman A. Schenk
Institut für Geographie
Universität Leipzig
Johannisallee 19a
04103 Leipzig
tilman.schenk@uni-leipzig.de

Philip Ulrich
Gesellschaft für wirtschaftliche
Strukturforschung mbH
Heinrichstraße 30
49080 Osnabrück
ulrich@gws-os.de

Die Anwendung von agentenbasierten Mikrosimulationen geben nun der Forschung die Möglichkeit, dem Anspruch handlungsorientierter Ansätze auch auf der Modellierungsebene gerecht zu werden, und damit vielfältige Einflussgrößen auf individueller Ebene einzubeziehen. Diese Arbeit hat zur Aufgabe, aus den als Kaufkraftströme modellierten Interaktionen zwischen Nachfragern und Anbietern im Lebensmitteleinzelhandel Verkehrsströme bzw. Aufwände der Haushalte abzuschätzen. Damit ergibt sich sowohl die Möglichkeit, das zugehörige Modell anhand von empirischen Daten zur Mobilität der Haushalte zu validieren und andererseits verkehrsbezogene Fragestellungen zu bearbeiten. Die Methoden zur Ermittlung von Kaufkraftströmen haben sich unabhängig von Verkehrsmodellen entwickelt, um Marktgebiete und Einzugsbereiche von Geschäften und Zentralen Orten abzugrenzen. Mit den soziodemographischen Daten von gesamten Teilgebieten können mit Gravitationsmodellen oft Interaktionen und Bewegungen mit ausreichender Genauigkeit geschätzt werden (LÖFFLER 1999: 52-54). Gravitationsmodelle sind auch lange die Grundlage für Berechnungen in den Verkehrswissenschaften gewesen, werden aber seit den 1980er Jahren immer stärker durch handlungsorientierte Ansätze ersetzt (PEZ 1999: 99; FOX 1995: 105). Auf der Ebene von Stadtteilen oder Siedlungen können ermittelte Kaufkraftströme mit Hilfe von durchschnittlichen Einkaufsbeträgen je Einkauf in Verkehrsströme umgewandelt werden. Ein Verfahren wurde von SCHÄFER (2003) für das Untersuchungsgebiet in Nordschweden bereits angewendet. Aus der Modellierung von Einkäufen auf der Mikroebene, der einzelner Haushalte oder Familien, ergeben sich Einkaufsfahrten, deren Häufigkeit sowohl nach den Merkmalen des Haushalts als auch nach denen des jeweils besuchten Geschäfts (etwa nach Betriebsform) variiert werden kann. Die Berücksichtigung von Einkaufshäufigkeiten bei der Analyse von sich verändernden Pkw-Verkehr ist auf jeden Fall sinnvoll, wenn nicht sogar notwendig.

2. Modellierung und Simulation des Lebensmitteleinkaufs in der Region Umeå (Schweden)

2.1 Gegenstand der Untersuchung

Konsumverhalten steht im Spannungsfeld zwischen seinen rationalen und hedonistischen Bestandteilen. Dabei können beide als nutzenorientiert angesehen werden, beim hedonistischen Verhalten steht dann statt eines rationalen, d.h. monetarisierbaren, ein emotionaler Nutzen im Vordergrund. Ein Modell des Konsumverhaltens sollte also in der Lage sein, beide Komponenten zusammenzuführen. Für die rationalen Bestandteile der Entscheidung zur Ausgabe eines Geldbetrages sind Modelle auf Aggregats- und Individualbasis gleichermaßen geeignet und können sogar formal ineinander überführt werden (LÖFFLER, RAUH, SCHENK 2005). Hedonistische Entscheidungsabläufe sind dagegen stärker von individuellen Eigenschaften, aber auch Situationen und kurzfristigen Anreizen, die zu spontanen Reaktionen von Individuen führen, abhängig. In diesem Bereich liegen die Stärken des Multiagentenansatzes, da er das Handeln von Individuen, als Agenten modelliert, wahlwei-

se abhängig oder unabhängig voneinander ohne zusätzliche beschränkende Annahmen, v.a. räumlicher Art, darzustellen in der Lage ist (TROITZSCH 2000).

Davon unberührt ist die Frage zu klären, welche rationalen oder hedonistischen Bestandteile der Einkaufsstättenwahl in den Entscheidungsprozess der Agenten einbezogen werden sollen. Diese müssen operationalisiert, zueinander in Beziehung gesetzt (gewichtet) und schließlich miteinander verknüpft werden. Alle drei Vorgänge stellen eine Herausforderung dar, da die Einflussfaktoren zunehmend weniger von „harten“ sozio-ökonomischen Verhältnissen (Einkommen, sozialer Status, etc.) der Konsumenten abhängen, sondern impulsiven und z.T. erst während des Einkaufs produzierten Bedürfnissen folgen. Aufgrund dieser Entwicklungen erscheint es aussichtsreich, eher unterschiedliche Einkaufstypen (u.a. „smart shopper“, Bequemlichkeits- und Erlebniskäufer) zu unterscheiden (HEINRITZ, KLEIN, POPP 2003: 155ff). Auch hier sind individuenbasierte Modellierungsansätze deutlich besser geeignet als ihre aggregierten Gegenstücke. Dennoch werden auch Individualmodelle des Konsumentenverhaltens nie ganz ohne verallgemeinernde Annahmen (etwa: gleichartige Verknüpfung der Nutzenkomponenten durch alle modellierten Individuen) auskommen, um die Resultate überschaubar und bewertbar zu halten. Es ist das Wesen eines jeden Modells, ein vereinfachtes Bild der Realität zu sein, das soviel Information wie nötig, jedoch so wenig wie möglich, einbezieht. Im vorgestellten Fall wird ein solches Modell für den Lebensmitteleinkauf der Bevölkerung einer ganzen Region aufgestellt.

2.2 Untersuchungsgebiet und Datengrundlagen

Die Arbeitsmarktregion Umeå in Nordschweden besteht aus sechs Kommunen mit insgesamt 140.000 Einwohnern, 70.000 davon in der Universitätsstadt Umeå, auf einer Gesamtfläche von 13.500 Quadratkilometern. Die benachbarten Kommunen bestehen jeweils aus einem Zentralen Ort mit 2 bis 3.000 Einwohnern und einem dünn besiedelten Hinterland. Die Stadt Umeå bietet eine recht diversifizierte Einzelhandelslandschaft mit traditionellen Kaufhäusern in der Innenstadt und mittelgroßen Supermärkten mit Vollsortiment in den Wohngebieten. Darüber hinaus bilden zwei Hypermärkte die Ankereschäfte von zwei Einkaufszentren in externer Lage, ein drittes befindet sich in Planung (LÖFFLER & SCHRÖDL 2002). Die Zentralen Orte des Umlands weisen zumindest zwei Vollsortimenter, jeweils einer der beiden nationalen Marken Konsum und Ica, auf. Jedoch haben die kleineren Lebensmittelgeschäfte im Ländlichen Raum in den letzten Jahren einen massiven Rückgang erfahren. Etwa die Hälfte dieser Geschäfte musste seit Mitte der 1990er Jahre schließen. Für die Modellierung steht eine Datenbasis für alle 132 Geschäfte in der Region vom Schwedischen Statistischen Amt und vom Konsumentverket zur Verfügung (GBV & KO 1997). Sie enthält Lagekoordinaten (in einem 100-Meter-Raster), Umsatzzahlen, Größe der Verkaufsfläche und das Betriebsformat. Nationale Studien verschiedener Organisationen (PRO 2004) erlaubten die Zuteilung eines Preis- und Sortimentmerkmals zu jedem Format. In einer eigenen Erhebung wurden die Geschäfte zusätzlich bezüglich der Qualität ihrer Produkte, des angebotenen Services (Beratungspersonal und Bedienungstheken) und der Atmosphäre des Geschäfts eingestuft.

Als Nachfrageseite fungiert eine Datenbank aller Einwohner der Region (SCB 2002b), die dank einer Kooperation mit der Universität Umeå im Spatial Modelling Centre in Kiruna eingesehen und verwendet werden konnte. Sie enthält für jedes Individuum Informationen über seinen Wohn- und Arbeitsort (Lagekoordinaten im 100-Meter-Raster), Alter, Geschlecht, verfügbares Einkommen und eine Familien-ID, über die die Individuen zu Haushalten zusammengefasst werden können. Auch hier ermöglichten nationale Studien zum Ausgabeverhalten, einen Bezug zwischen Einkommen und Ausgabebeträgen für Lebensmittel herzustellen (SCB 2002a). Eine Konsumentenbefragung in Umeå diente zusätzlich dazu, Regressionsgleichungen für Konsumpräferenzen bezüglich der kartierten Geschäftsattribute abhängig von den sozioökonomischen Merkmalen der Befragten zu erhalten.

2.3 Modellannahmen und Simulationsablauf

Beim Lebensmitteleinkauf bildet der Haushalt die Konsumeinheit, die Entscheidung für ein bestimmtes Geschäft wird jedoch individuell gefällt. Aus diesem Grund wird von der Simulation zunächst ein Haushaltsmitglied (über 16 Jahre) zufällig ausgewählt, den Einkauf stellvertretend für die Familie zu tätigen. Diese bewerten anschließend alle Geschäfte mittels einer Linearkombination ihrer persönlichen Präferenzen (abgeleitet aus sozioökonomischen Merkmalen durch die Befragungsergebnisse) und der Geschäftsattribute. Die Distanz vom Wohnort, bzw. der Distanzzusatzaufwand beim Einkauf auf dem Weg zum Arbeitsplatz, tritt dabei als nutzenmindernder Faktor auf (Gleichung 1). Logistische Wahrnehmungsfunktionen überführen zusätzlich die empirischen Skalen der Geschäftsattribute in wahrgenommene.

$$W_{i,g} = \frac{1}{d_{i,g}} \sum_k P_{i,k} * \beta_k (A_{g,k}) \quad (1)$$

mit:

$W_{i,g}$	Bewertung des Geschäfts g aus Sicht des Konsumenten i
$d_{i,g}$	Distanz zwischen Konsument i und Geschäft g
k	Bewertungskriterium (z.B. Preis-, Qualitätsniveau, Sortimentsbreite, ...)
$P_{i,k}$	Präferenz des Konsumenten i für Kriterium k
β_k	Wahrnehmungsfunktion für Kriterium k
$A_{g,k}$	Attributwert des Geschäfts g im Kriterium k

Gemäß dieser Bewertung übertragen die Agenten einen Anteil ihres Lebensmittelbudgets auf den Umsatz des betrachteten Geschäfts, der in seiner Summe mit dem realen Umsatz verglichen wird. Dieser Vergleich erlaubt, eine Güte der Umsatzschätzung durch das Verhaltensmodell anzugeben. Neben der Validierung auf dieser globalen Ebene bieten individuenbasierte Ansätze jedoch auch die Möglichkeit, das lokale Verhalten der Agenten zu bewerten. Dazu können die Einkaufspfade einzelner Agenten betrachtet und einer qualitativen Überprüfung unterzogen werden. Aufgabe der Modellkalibrierung ist, auf beiden Ebenen ein valides Ergebnis zu erzeugen.

2.4 Implementierung

Zur Implementierung wird das Simulationsshell SeSAM genutzt, das am Lehrstuhl für Künstliche Intelligenz an der Universität Würzburg entwickelt wurde (KLÜGL 2001, www.simsesam.de). In SeSAM werden drei Typen von Objektklassen unterschieden: Agenten, Ressourcen und die Welt. Alle drei können Variablen besitzen, die Ressourcen unterscheiden sich von den anderen Typen durch das Fehlen eines Aktivitätsgraphen. In dessen Knoten werden die abzuarbeitenden Aktionen für die Agenten und die Welt festgelegt. Sie sind durch gerichtete Kanten mit einander verbunden, wodurch die Reihenfolge der Simulationsschritte vorgegeben wird. Die Kanten können zusätzlich mit Bedingungen belegt werden, so dass auch Verzweigungen des Aktivitätsgraphen nach verschiedenen Situationen möglich sind.

Im vorgestellten Modell werden die simulierten Familien als Agenten dargestellt, die Geschäfte, da ihnen kein „Verhalten“ zugestanden wird, als Ressourcen. Außerdem werden noch die Maschen des 100m-Gitters als Ressourcen vorgehalten, was später bei der Distanzberechnung von Vorteil ist, da dadurch die Größe der Distanzmatrix deutlich verringert werden kann. Die Welt nimmt übergeordnete Aufgaben wahr.

Zur ausführlichen Diskussion des Modells zum Lebensmitteleinkauf wird auf SCHENK et al. (2004), SCHENK et al. (2005) und LÖFFLER, RAUH, SCHENK (2005) verwiesen. Im Folgenden wird nun der Fokus auf den Einsatz der Simulation zur Abschätzung von Distanzaufwänden beim Lebensmitteleinkauf in verschiedenen Szenarien gerichtet.

3. Abschätzung von Distanzaufwänden

3.1 Stand der Mobilitätsforschung

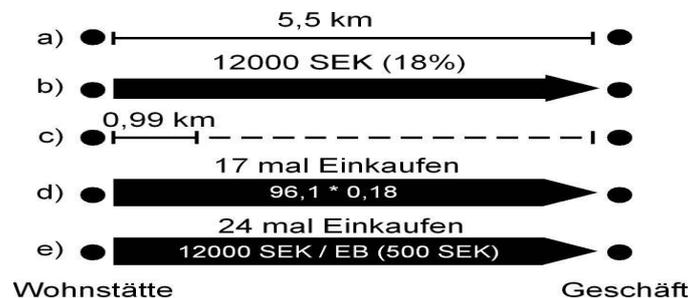
Da die entscheidenden Einflussgrößen für die Wahl der Einkaufsstätte im verwendeten Modell bereits enthalten sind, gilt es, jene für das „Verkehrsverhalten“ entweder zu ergänzen oder Präferenzberechnungen im Sinne der Mobilität zu verändern. Im Allgemeinen besteht Unsicherheit über die Einflussgrößen für Einkaufshäufigkeiten und deren Richtung und Stärke. Als theoretische Grundlage für die Betrachtung von zirkulärer Mobilität kann etwa die Time Geography von HÄGERSTRAND herangezogen werden, die deutlich macht, dass die Bewegungen des Menschen, sowie sein gesamter Tagesablauf, das Ergebnis von unterschiedlichen Zwängen sind, die im Raum-Zeit-Kontinuum wirksam werden (HÄGERSTRAND 1970:146f, GOLLEDGE & STIMSON 1987). Wichtige Erkenntnisse konnten in quantitativen Studien, so etwa durch das individualbasierte Modell von KUTTER (1973), bestätigt werden. Dort wurden der Tagesablauf und damit auch die Verhaltensmuster für die Häufigkeit von individuellen Ortsveränderungen stark von dem sozialen Status der Person und deren Zugehörigkeit und Position zu und in einem Haushalt abhängig gemacht. Kutter unterscheidet etwa Schüler, Hausfrauen, Beschäftigte, Rentner als wichtige Gruppen (KUTTER 1973: 236-240). Diese und andere Ansätze machen die einzelnen Dimensionen

der individuellen Mobilität des Menschen (Ziele, Entfernungen, Häufigkeiten, Zeitaufwand) nicht vorhersehbar. Gerade bei der Untersuchung von Einkaufsfahrten bleibt so meist nur die Identifizierung von prägenden Einflussgrößen und deren ansatzweise Gewichtung. Letztere kann durch multivariate Datenanalysen aus empirischem Material ermittelt werden, ist jedoch je nach Untersuchungsgebiet und Methodik unterschiedlich (HOFMAYER 1997: 12). Allgemein kann keine Einflussgröße, die für die Verteilung der Ausgaben auf unterschiedliche Geschäfte als prägend angenommen wird, für die Wirksamkeit auf Einkaufshäufigkeiten ausgeschlossen werden. Eine Besonderheit des Lebensmitteleinkaufs ist die Notwendigkeit, Variablen auf der Haushalts- und Personenebene zu unterscheiden, da Entscheidungen auf beiden Ebenen getroffen werden können. Bei gleicher Bedarfsmenge ist die Einkaufshäufigkeit bei Grundbedarfsgütern zudem auch eine Maßzahl für das durchschnittliche Einkaufsvolumen. Daher spielt etwa die Pkw-Verfügbarkeit eine große Rolle (HOFMAYER 1997:8f). Wichtige Merkmalsgruppen sind neben der Motorisierung die Haushaltsgröße (Bedarfsmenge), Berufstätigkeit der Haushaltsmitglieder (personelle Zeitressourcen) und die Lebenszyklusphase des Haushalts. Zusätzlich haben die Raummerkmale des Wohnstandorts einen Einfluss (HOFMAYER 1997:145f). Unterschiedliches Verhalten bei der Fristigkeit der Bedarfsdeckung wird auch durch die Präferenzen für unterschiedliche Betriebsformen wirksam, die auch ein Ergebnis dieser Einflussgrößen sind. Je nach gewählter Betriebsform wird unterschiedlich oft eingekauft, dies zeigen empirische Studien in Deutschland und Schweden (z.B. KAGERMEIER 1991: 38, KULKE 1994, GARVILL, KNUTSSON, MARELL, WESTIN 2003: 28, LÖFFLER & SCHRÖDL 2002).

3.2 Modellierung der Interaktionen

Ausgangspunkt für eine Berechnung von Verkehrsvorgängen sind die in Abbildung 1 dargestellten Informationen über die Interaktionen: Die euklidische Distanz zwischen der Wohnstätte der Familie und einem Geschäft (a) sowie der Ausgabebetrag pro Jahr am jeweiligen Geschäft (b). Im Beispiel werden 12000 Schwedische Kronen (SEK) ausgegeben, was etwa 18% der gesamten Ausgaben pro Jahr ausmacht. Der Wert 0,18 ist ein Wert für die relative Attraktivität des Geschäfts aus Sicht der Familie, als Ergebnis der Bewertungsfunktion (1).

Abbildung 1: Schema zur Berechnung der Distanzaufwände der einzelnen Familien



Quelle: Eigene Darstellung

Die in (c) dargestellte gewichtete Distanz ergibt sich durch die Multiplikation dieses Wertes mit der Distanz. Die Summe aller Werte für die einzelnen Geschäfte ergibt die Distanz pro Einkauf, die von der Familie pro Jahr zurückgelegt wird. Die Einkaufshäufigkeit am Geschäft lässt sich mit Hilfe zwei verschiedener Methoden berechnen.

- Für Methode 1 wird die Einkaufshäufigkeit pro Jahr gemäß den Ausgabeanteilen pro Jahr gewichtet (Fall d) in Abb. 1). Im vorliegenden Modell konnten unter Verwendung empirischer Daten (SCB 1999b) je nach Haushaltstyp unterschiedliche Einkaufshäufigkeiten pro Jahr angesetzt werden. Im Beispiel errechnet sich die Einkaufshäufigkeit am Geschäft durch die Einkaufshäufigkeit insgesamt pro Jahr für Zusammenlebende ohne Kind (96,1) und der relativen Attraktivität. Die Einkaufshäufigkeit an einem gewissen Standort ist damit zusätzlich von weiteren Haushaltseigenschaften abhängig.
- Für Methode 2 sind die Einkaufshäufigkeiten am Standort stattdessen zusätzlich vom Betriebstyp abhängig. Der Einkaufsbetrag (EB) wird je nach Geschäftstyp verschieden angesetzt. Damit wird die Attraktivität, gemäß empirischen Erkenntnissen (SCB 1999b), im Sinne der Mobilität angepasst (Fall e) in Abb. 1). Die verwendeten Geschäftstypen ergeben sich aus der Einteilung in Betriebsformen und die Einstufung für Preis, Qualität und Sortiment.

So ergibt sich für Methode 1 (d) nur für den Einkauf am dargestellten Geschäft ein jährlicher Distanzaufwand von 95 km, für Methode 2 (e) beträgt er 132 km.

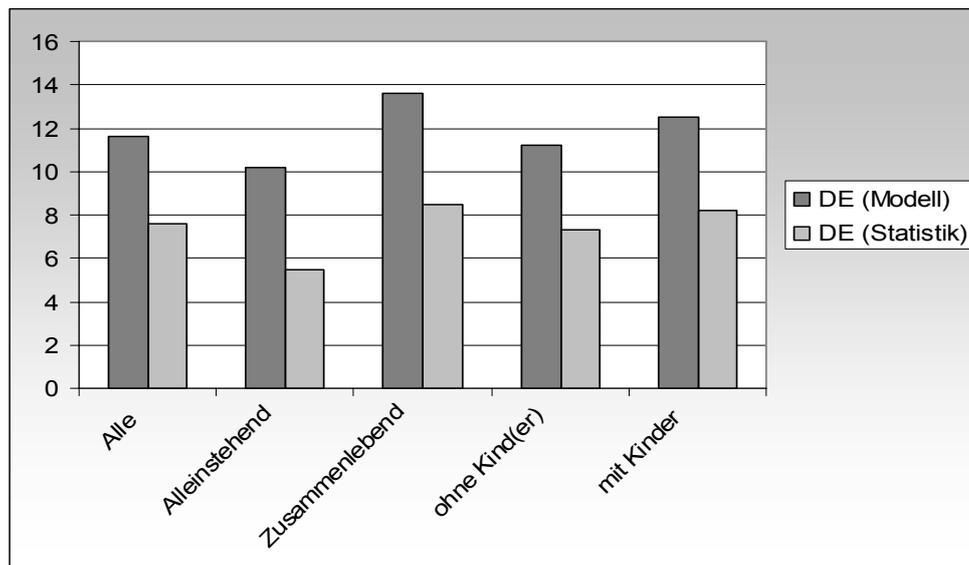
3.3 Vergleich mit der amtlichen Mobilitätsstatistik

Während der 1990er Jahre wurden in Schweden jährlich Umfragen zur Mobilität der Bevölkerung durchgeführt (z.B. SCB 1999a). Aus jenen Daten können nicht nur Einkaufshäufigkeiten für verschiedene Haushaltstypen sondern auch deren durchschnittliche Distanz pro Einkauf ermittelt werden. Da die im Modell verwendeten Datensätze detaillierte Informationen über Haushaltsgrößen und Haushaltstypen enthalten, konnten die ermittelten Werte aus dem Simulationsmodell mit offiziellen Daten von Mobilitätshebungen verglichen werden. Trotz einiger Schwierigkeiten bei der Umrechnung von unterschiedlichen Reise-/Wegeniveaus und der insgesamt kleinen Stichprobe können Orientierungswerte für den Lebensmitteleinkauf ermittelt werden. Für die Umrechnung ist entscheidend, dass beide Werte, der Durchschnitt der Summen der gewichteten Distanzen und die angegebenen Werte in der Statistik, sich auf die Einheit „Einkauf“ als ein Teil einer Wegekette beziehen. Abbildung 2 zeigt die recht hohe Übereinstimmung der auf Familienniveau für unterschiedliche Haushaltstypen ermittelten Distanz pro Einkauf des Modells mit den empirischen Daten (SCB 1999b).

Die systematisch erhöhten Werte für das Modell ergeben sich aufgrund des durch die Modellannahmen wenig eingegrenzten Aktionsradius der Familien. Alle Geschäfte der gesamten Region wurden von den Agenten wahrgenommen und bewertet. Auch sind die empirischen Werte für ganz Schweden, d.h. für die überwiegend städtische Bevölkerung, erho-

ben. Für Beispielfamilien aus Umeå ergeben sich Werte, die näher an den ermittelten empirischen Werten liegen, während für ländliche Räume extrem hohe Werte modelliert werden (siehe Tabelle 2).

Abbildung 2: Vergleich der Distanzaufwände der Familien durch die Modellberechnung mit der amtlichen Statistik



DE = Distanz pro Einkauf im Jahr 1997 (in km)

Quelle: Statistik des Riks-RVU 1996-1998 (SCB 1999b), eigene Berechnungen

3.4 Auswirkungen von Veränderungen der Angebotsstruktur

Als planungsrelevante Fragestellung im Kontext von Einzelhandel und Verkehr werden im Rahmen des Leitbildes der nachhaltigen Stadtentwicklung die Verkehrswirkungen von Änderungen in der Angebotsstruktur teilweise kontrovers diskutiert (HOLZ-RAU 1991, KULKE 1994, REINHOLD, JAHN, TSCHUDEN 1997, BORSODORF & SCHÖFFTHALER 2000). Insbesondere die Auswirkungen der Ansiedlung von großflächigem Einzelhandel an nicht-integrierten Standorten oder auch allgemein des Wandels im Einzelhandel auf den Stadtverkehr (Belastung durch Mehrverkehr und Lärm) sowie die Haushalte und die Umwelt („Zwangsmobilität“, Energieverbrauch) wird insbesondere seit den 1990er Jahren in der Wissenschaft intensiv diskutiert (vgl. HESSE 1999, HEINRITZ, KLEIN, POPP 2003: 184f, HAGSON 2003: 5). Zu beachten sind dabei die vielseitigen Wechselwirkungen zwischen neuem und bestehendem Einzelhandel, zwischen Einkaufsverhalten und Verkehrsmittelwahl und deren Anpassung.

Das vorliegende Simulationsmodell eröffnet die Möglichkeit, Teilaspekte dieser Entwicklungen anhand folgender Hypothesen zu analysieren:

- 1) Durch eine Ausdünnung des Versorgungsnetzes im Einzelhandel kommt es in der Summe zu längeren Einkaufswegen, aber auch überwiegend zu einer erhöhten Distanz pro Einkauf. Zu diesem Ergebnis kommen die meisten Studien (KULKE 1994: 290, HOLZ-RAUH 1991: 302, REINHOLD et al 1997: 114). Dies bedeutet, dass sich bei unveränderter Mobilität (Zahl der Einkäufe) der Gesamtdistanzaufwand für die meisten Familien erhöht.
- 2) Jedoch kann es mit der Veränderung der Mobilität, d.h. durch eine Anpassung des Einkaufsverhaltens, zu einer Verringerung des Distanzaufwandes kommen.

Über Verkehrsaufwände und über Belastung von Straßen oder durch Lärm können hier keine Aussagen gemacht werden. Hier geht es zunächst um den Aufwand des Konsumenten. Für die vorliegende Untersuchung konnten die Angebotsveränderungen im Zeitraum von 1997 bis 2004 kartiert werden, in dem die Zahl der Lebensmittelgeschäfte in der Region von 132 auf 85 sank. Dabei ergaben sich wenige Veränderungen für den großflächigen Einzelhandel (>400m² Verkaufsfläche). Bedeutend ist die Ansiedlung des Hypermarkts „ICA Maxi“ am südöstlichen Stadtrand von Umeå. Innerhalb der Stadt Umeå wurden einzelne mittelgroße Supermärkte aufgegeben. Die Supermärkte der Innenstadt sind unverändert geblieben. Der größte Teil der Schließungen betraf kleinflächige Angebotsformen wie Kioske und Tankstellenshops (schwed. Service- und Trafikbutiker) sowie Supermärkte unter 400 m² Verkaufsfläche (schwed. Lanthandel), insbesondere im ländlichen Raum der Region. Mit einem Rückgang der Anzahl von 45% zeigt sich eine starke Ausdünnung dieses Standortnetzes für die gesamte Region, auch für das Stadtgebiet von Umeå. Für die nördlichen Regionen Schwedens ist seit Jahrzehnten eine besonders starke Ausdünnung des Versorgungsnetzes in den ländlichen Räumen zu beobachten, worauf die Politik mit Blick auf die regionale Entwicklung mit Maßnahmen (Subventionen) reagiert hat (LÖFFLER 2004: 18).

Für eine Analyse über die Art und das Ausmaß der Veränderungen der Mobilität und des Einkaufsverkehrs wird angenommen, dass die Eigenschaften der Bevölkerung – Größe, Zusammensetzung, Einkommen etc. – sich zwischen 1997 und 2004 nicht verändert haben. Die Analyse soll keine fundierte Prognose beinhalten. Vielmehr werden eindeutige Tendenzen festgehalten, sowie die Ergebnisse der Methoden verglichen. Für die Berechnung von Gesamtdistanzaufwänden für Familien bzw. die gesamte Region werden die beiden oben bereits geschilderten Methoden verwendet. Für beide Methoden ist die Einkaufshäufigkeit abhängig von den Familien-/Einkäufermerkmalen, die für die Berechnung der Einkaufspräferenzen bestimmend sind. Für Methode 1 bleibt bei eintretenden Veränderungen der Einzelhandelsstruktur die Zahl der Einkäufe pro Jahr gleich. Je nach Betriebstyp werden für Methode 2 Einkaufsbeträge zwischen 50 SEK (Tankstelle) und 550 SEK (SB-Warenhaus) zugewiesen. Bei eintretenden Veränderungen der Einzelhandelsstruktur verändert sich die Zahl der Einkäufe pro Jahr. So können Ergebnisse von abgelaufenen Ver-

änderungen der Einzelhandelsstruktur oder von Szenarien als Prognose analysiert werden. Gemäß den Ergebnissen der Einkäufersimulation kommt es für Methode 1 zu einer Erhöhung des Gesamtdistanzaufwandes zwischen 1997 und 2004 (Tabelle 1). Für die Methode 2 kommt es zu einer Verringerung des Gesamtdistanzaufwandes innerhalb der Region. Der Grund ist die geringer angesetzte Einkaufshäufigkeit (höhere Einkaufsbeträge) für den großflächigen Einzelhandel, dessen Bedeutung zugenommen hat. Die durchschnittliche Einkaufshäufigkeit ging von 87 auf 80 Einkäufe pro Jahr zurück.

Tabelle 1: Veränderung des Gesamtdistanzaufwandes (in km pro Jahr) für die Methoden

	1997	2004	Veränderung
Methode 1	671.463	695.508	+3,58%
Methode 2	739.663	714.977	-3,34%

Quelle: Eigene Berechnung

Jedoch sind die Familien recht unterschiedlich von der Veränderung des Gesamtdistanzaufwandes betroffen. So kommt es nach Methode 1 nur für 58% aller Familien zu einer Zunahme der Distanz pro Einkauf. Für einen Großteil der Familien in Umeå ergibt sich, durch eine stärkere Kaufkraftbindung für die Stadt Umeå, eine Verringerung.

Tabelle 2: Veränderungen der durch das Modell errechneten Distanzaufwände einzelner Familien zwischen den Angebotsstrukturen 1997 und 2004

		1997			2004			Veränderung		
		HH	DE	D	H				D	
Methode 1	1 Innenstadt	210	3,19	330,4	103,6	2,96	306,5	103,6	-7,21%	
	2 Nordmaling	100	25,97	1926,7	74,2	27,83	2064,7	74,2	7,16%	
	3 Gimonäs	200	5,48	526,6	96,1	3,27	314,2	96,1	-40,33%	
	4 Obbola	110	13,19	1361,1	103,2	11,24	1159,9	103,2	-14,78%	
Methode 2	1 Innenstadt	210	3,79	461,5	121,9	3,34	386,3	115,5	-16,30%	-5,25%
	2 Nordmaling	100	24,06	1205,2	50,1	25,94	1234,9	47,6	2,46%	-4,99%
	3 Gimonäs	200	5,68	660,8	116,3	4,00	364,4	91,2	-44,86%	-21,58%
	4 Obbola	110	12,93	1953,3	151,1	11,48	1278	111,3	-34,57%	-26,34%

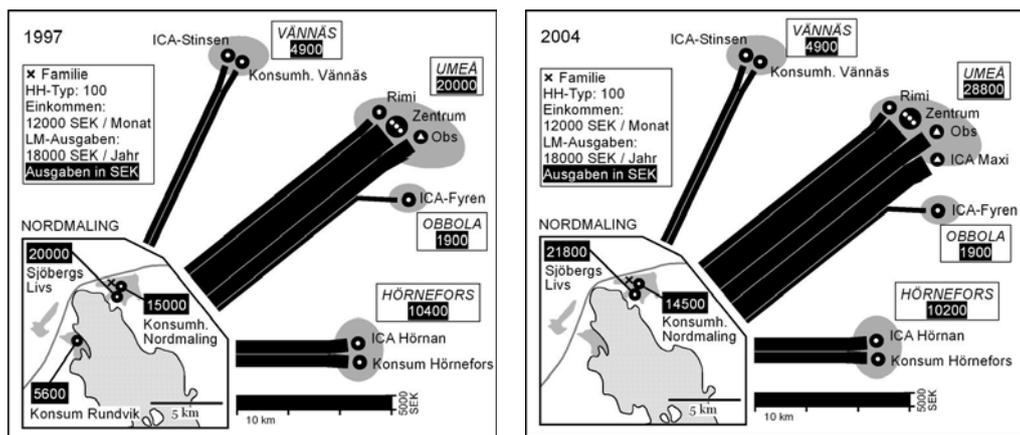
DE = Distanz pro Einkauf (gesamt); D = Gesamtdistanzaufwand im Jahr;
H = Anzahl der Einkäufe pro Jahr; HH = Haushaltstyp

Quelle: Eigene Berechnungen

Zum Vergleich werden in Tabelle 2 Beispielfamilien mit Wohnung in verschiedenen Teilen der Region herangezogen. Die Lage zum neuen SB-Warenhaus in Umeå ist besonders bedeutsam. Für Familie 1 mit Wohnung in der Innenstadt gibt es kaum Veränderungen für die Haupteinkaufsstätten. Familie 2 wohnt in Nordmaling. Im 5km entfernten Rundvik hat ein Geschäft geschlossen, in dem 1997 ca. 6% der lebensmittelrelevanten Kaufkraft ausgegeben wurden. Die Familie 3 im Umeå-Stadtteil Gimonäs hat mit ICA-Maxi in unmittelbarer Nähe eine neue attraktive Einkaufsmöglichkeit bekommen. Familie 4 im Umeå-Vorort Obbola reagiert auf eine Schließung eines mittelgroßen Supermarktes im Osten von Umeå. Das neue SB-Warenhaus ist fast genauso weit entfernt. Für viele Familien entscheidet die Neuverteilung der Ausgaben auf die beiden SB-Warenhäuser in Umeå meist schon darüber, ob sich die Gesamtdistanz erhöht.

Die Jahreswerte für alle Geschäfte bringt nicht genügend Einsicht in die Ursachen für die Veränderungen. Mit der Betrachtung der vom Modell generierten Einkaufslisten einzelner Familien können einige wichtige Zusammenhänge besser analysiert werden. Dazu speichert das Simulationsprogramm für jede Familie die Ausgabebeträge an den einzelnen Geschäften. Abbildung 3 zeigt die räumliche Verteilung der Ausgaben auf die ersten 8 Geschäfte der Ausgaberrangliste für die beiden Jahre. Zusätzlich sind die Distanzen zwischen den Geschäften und der Wohnung der Familie 2 in Nordmaling angegeben. Durch die Schließung einer bedeutenden Einkaufsstätte (Konsum Rundvik) und die Ansiedlung des neuen Hypermarktes kommt es zu großen Verschiebungen der Kaufkraftströme. Dabei werden Einkäufe bei Konsum mit 5 km pro Einkauf durch Einkäufe bei ICA Maxi mit 47 km nahezu ersetzt.

Abbildung 3: Verteilung (Modellberechnung) der Kaufkraft (in schwed. Kronen SEK, gerundet) einer Familie in Nordmaling auf verschiedene Geschäftsstandorte 1997 und 2004.



Quelle: Eigene Berechnungen

Die Gründe für die hohen Werte für die Distanz pro Einkauf und deren Anstieg werden bereits bei der Betrachtung der wichtigsten Einkaufsstätten deutlich. Das Wegfallen ehemaliger Einkaufsstätten und eine neue attraktive und weit entfernte Einkaufsstätte führen zu einem erhöhten Gesamtdistanzaufwand.

In Tabelle 3 sind die Auswirkungen auf die Einkaufshäufigkeiten in unterschiedlichen Einkaufsstätten für die Familien in Nordmaling und Obbola und der Einfluss der verwendeten Methode zu sehen.

Tabelle 3: Veränderung der Anzahl der Einkäufe pro Jahr

Familie in...		Haupteinkaufsstätte (1997)	ICA Maxi	andere näher gelegene Geschäfte*	übrige Geschäfte
Nordmaling	Methode 1	+1	+6	-6	-1
	Methode 2	+1	+3	-5	-1
Obbola	Methode 1	-23	+81	-10	-49
	Methode 2	-36	+80	-15	-68

* im Vergleich zu ICA Maxi; Quelle: Eigene Berechnungen

Die bereits beschriebenen Entwicklungen für die Familie in Nordmaling haben zur Folge, dass in Geschäften, die näher als ICA Maxi liegen, 6 bzw. 5 Einkäufe weniger getätigt werden. Stattdessen wird sechsmal bei ICA Maxi eingekauft, bzw. dreimal für Methode 2. Für die übrigen Geschäfte und die Haupteinkaufsstätte (Sjöbergs Livs) ergeben sich kaum Unterschiede.

Für die Familie in Obbola werden noch stärkere Verschiebungen prognostiziert. Die bisherige Haupteinkaufsstätte wird ersetzt durch das neue SB-Warenhaus, welches fast genauso weit entfernt ist. Zusätzlich wird ein großer Teil der Ausgaben von weiter entfernten Geschäften zu ICA-Maxi verlagert (49 bzw. 68 Einkäufe). Besonders deutlich wird die Wirkung der Methode 2. Im Vergleich zu Methode 1 werden mehr distanzaufwändige Einkäufe durch weniger Einkäufe bei ICA Maxi ersetzt, da größere Einkaufsbeträge angewendet werden.

4. Fazit

Das agentenbasierte Modell reproduziert in etwa die Distanz pro Einkauf und berücksichtigt auch im Bezug auf die Mobilität den Einfluss der Haushaltszusammensetzung. Mit einer Vorauswahl an wahrgenommenen Geschäften und weiteren Verbesserungen des Einkaufsmodells ist möglicherweise eine noch bessere Übereinstimmung zu erreichen. Die Einkaufshäufigkeit ist für Gesamtdistanzaufwände der Familien oder zumindest deren Veränderung entscheidend. Wenn zentrale Einflussgrößen für diese Dimension der Mobilität umgesetzt werden können, ist es möglich, eine differenzierte Sicht auf die Auswirkungen des Wandels im Einzelhandel zu erlangen. Da der Lebensmitteleinkauf von alltägli-

chen Gewohnheiten geprägt (habituell) ist, ist eine starke Veränderung von Einkaufshäufigkeiten innerhalb von 5 Jahren nicht wahrscheinlich. Der Wandel im Einzelhandelsangebot führt für die Mehrzahl der Haushalte im Untersuchungsgebiet zu erhöhten Entfernungen pro Einkauf. Der nächste Schritt für eine bessere Modellierung von Auswirkungen auf den Verkehr in der Stadt ist eine Implementierung der Wahl des Fortbewegungsmittels. Die beiden Entscheidungen – über die Einkaufsstätte und das Fortbewegungsmittel – müssen als miteinander verwoben umgesetzt werden. Mit Blick auf Einkaufshäufigkeiten ist es notwendig, mehrere Einflussgrößen gleichzeitig zu berücksichtigen. Dies kann, neben weiteren Merkmalen zum Umfeld der Familien auch die Raumstruktur (Land-Stadt) sein.

Danksagung

Dieses Forschungsvorhaben wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert. Die Autoren danken Frank Puppe, Franziska Klügl und Manuel Fehler am Institut für Informatik der Universität Würzburg für ihre fachlichen Beiträge und softwaretechnische Unterstützung. Einar Holm und Urban Lindgren (Kulturgeografiska Institutionen, Umeå Universitet) unterstützten unsere Arbeit im Untersuchungsgebiet. Für die Bereitstellung der Daten sind wir insbesondere Kirsten Holme und dem Spatial Modelling Centre in Kiruna zu Dank verpflichtet.

Abstract

The study shows how an agent based simulation of consumer choice behaviour in grocery shopping can be used to elaborate on questions of traffic induced by the supply with daily goods. The functionality of a model and simulation of consumer choices with an agent based approach on the level of an entire region in northern Sweden is outlined. That model is then used to estimate the households' distance efforts on their shopping trips. The results show a remarkable consistency with official mobility statistics. Subsequently, the changes in those interaction patterns caused by alterations in the spatial structure of retail outlets, particularly the closure of stores in the rural areas and new large scale retail establishments in town edge locations, are examined. While an increase of distance efforts especially for the rural population can be shown, their urban counterparts may even take advantage of shorter shopping trips due to a higher local buying power allocation. The research is funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG).

Literaturverzeichnis

- BORSODORF, A.; SCHÖFFTHALER, G. (2000): Erzeugen Einkaufszentren Verkehr? Eine Bewertung des Einkaufsverkehrs am Beispiel nicht-integrierter Einkaufszentren im Großraum Innsbruck. In: *Erdkunde*, Jg. 54, S. 148-156.
- FOX, M. (1995): Transport Planning and the Human Activity Approach. In: *Journal of Transport Geography*, 3. Jg., H. 2, S. 105-116.
- GBV & KO (1997): Service i gles- och landsbygd – Analys och förslag till åtgärder. Glesbygdsverket och Konsumentverket. Stockholm / Östersund.
- GARVILL, J.; KNUTSSON, E.; MARELL, A.; WESTIN, K. (2003): Betydelsen av lokalisering av handel för inköps- och resmönster. Umeå. (= TRUM. 2003:04)
- GOLLEDGE, R.; STIMSON, R. (1987): *Analytical behavioural geography*. New York: Croom Helm.

- GOLLEDGE, R.G.; TIMMERMANS, H. (Hg.) (1988): Behavioural modelling in geography and planning. London: Croom Helm.
- GÜSSEFELDT, J. (2002): Zur Modellierung von räumlichen Kaufkraftströmen in unvollkommenen Märkten. In: Erdkunde Jg. 56, S. 351-370.
- HÄGERSTRAND, T. (1970): What about people in Regional Science? Tiden och tidsgeografin In: Regional Science Association Papers, Jg. 24, S. 7-21.
- HAGSON, A.(2003): Effekter av externetablerad handel, särskilt dagligvaruhandel, på trafikarbete och miljö. En kunskapsöversikt. Göteborg. (= Publikation 2003:3)
- HEINRITZ, G.; KLEIN, K.E., POPP, M. (2003): Geographische Handelsforschung. Berlin, Stuttgart: Borntraeger (= Studienbücher der Geographie).
- HESSE, M.(1999): Die Logik der Kurzen Wege: Räumliche Mobilität und Verkehr als Gegenstand der Stadtforschung. In: Erdkunde, 53. Jg., S. 317-329.
- HESSE, R.; RAUH, J. (2003): „Angebot“ und „Nachfrage“ im Einzelhandel: Multiagentensysteme zur Simulation von Konsumentenverhalten und der Shopping-Center-Planungen. In: Klagenfurter Geographische Schriften, Jg. 2003, H. 23
- HOFMAYER, A. (1997): Räumliche versus nichträumliche Strukturmerkmale als Einflußgrößen des Versorgungsverhaltens. Eine vergleichende quantitative Analyse der Grundbedarfsdeckung im ländlichen Raum. (= Wiener Geographische Schriften 65)
- HOLZ-RAU, H.-C. (1991): Verkehrsverhalten beim Einkauf Wechselwirkungen zwischen Siedlungsstruktur und Verkehr In: Internationales Verkehrswesen, 43. Jg., H. 7/8, S. 300-305.
- KAGERMEIER, A. (1991): Versorgungsorientierung und Einkaufsattraktivität. Empirische Untersuchungen zum Konsumentenverhalten im Umland von Passau: Passavia Universitätsverlag (= Passauer Schriften zur Geographie 8)
- KLÜGL, F. (2001): Multiagentensimulation. Konzepte, Werkzeuge, Anwendungen. München: Addison-Wesley.
- KULKE, E. (1994): Auswirkungen des Standortwandels im Einzelhandel auf den Verkehr. In: Geographische Rundschau, 46. Jg., H. 5, S. 290-296.
- KUTTER, E. (1973): A Model for Individual Travel Behaviour. In: Urban Studies, Jg. 1973, H. 10, S. 235-258.
- LÖFFLER, G. (1999): Marktgebiet und Einzugsbereich - mathematisch-statistische Modellansätze zu ihrer Abgrenzung. Aus: Heinritz, G. (Hrsg.): Die Analyse von Standorten und Einzugsbereichen: methodische Grundfragen der Geographischen Handelsforschung. (L.I.S. Verlag) (=Geographische Handelsforschung. 2) S. 45-65.
- LÖFFLER, G. (2004): Lebensmitteleinzelhandel in Schweden. Wandel der Betriebsformen und Auswirkungen auf die Versorgung. In: Geographische Rundschau, 56. Jg., H. 2, S. 18-24.

- LÖFFLER, G.; KLEIN, R. (1989): Raumfunktionale Modellansätze zur Bestimmung von Standorten und Kaufkraftströmen im Lebensmitteleinzelhandel. In: Kurzberichte aus der Bauforschung Jg. 6, S. 405-410.
- LÖFFLER, G.; RAUH, J.; SCHENK, T. (2005): Von der Einzelhandelsgravitation zum Multi-Agenten-System. Modelltheoretische Überlegungen und erste Ergebnisse einer Simulation von Kaufkraftströmen im Lebensmitteleinzelhandel. Seminarberichte der Gesellschaft für Regionalforschung 48, S. 160-183.
- LÖFFLER, G.; SCHRÖDL, D. (2002): Retail Business in the Functional Region of Umeå 1985-2000. Analysis of Structural Changes, Impacts of Shopping Centres and Consumer Behaviour. Umeå. (= CERUM Working Papers 56)
- MEUSBURGER, P. (1999): Subjekt – Organisation – Region. Fragen an die subjektorientierte Handlungstheorie. In: Ders. (Hg.): Handlungszentrierte Sozialgeographie. Benno Werlens Entwurf in kritischer Diskussion. (=Erdkundliches Wissen 130), S. 95-132.
- OPENSHAW, S (1978): An empirical study of some zone design criteria. In: Environment and Planning A, Jg. 10, S. 781-794.
- PEZ, P. (1998): Verkehrsmittelwahl im Stadtbereich und ihre Beeinflussbarkeit. Eine verkehrsgeographische Analyse am Beispiel von Kiel und Lüneburg. (= Kieler Geographische Schriften 95)
- PRO (2004): Prisundersökningar 1993-2004. Pensionärnas Riksorganisation, Stockholm.
- REINHOLD, T.; JAHN, H.; TSCHUDEN, C. (1997): Die verkehrserzeugende Wirkung von Einkaufszentren auf der grünen Wiese. In: Raumforschung und Raumordnung, H. 2, S. 106-114.
- ROBINSON, R. V. F.; VICKERMAN, R. W. (1976): The Demand for Shopping Travel: A Theoretical and Empirical Study. In: Applied Economics, H. 8, S. 276-281.
- SCB (1999a): Svenskarnas resor. Riks-RVU - Resultatrapport för 1998. Statistiska Centralbyrån, Stockholm.
- SCB (1999b): Resvanorundersökningar (RVU) 1996-1998. Statistiska Centralbyrån, Stockholm.
- SCB (2002a): Hushållens Utgifter 1999-2001. Statistiska Centralbyrån, Stockholm.
- SCB (2002b): En longitudinell databas kring utbildning, inkomst och sysselsättning (LOUISE) 1990-1999. Statistiska Centralbyrån, Stockholm.
- SCHÄFER, H. (2004): Einzelhandel im Rahmen einer Nachhaltigen Stadtentwicklung: Eine Verkehrssimulation bei alternativen Angebotsstrukturen im Lebensmitteleinzelhandel am Beispiel der Stadt Umeå. Universität Würzburg. Geographisches Institut. Diplomarbeit 2004.

- SCHAMP, E.W. (2003): Raum, Interaktion und Institution. In: Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie Jg. 47, S. 145-158.
- SCHENK, T.A. et al. (2004): Multiagentensysteme zur Simulation von Konsumentenverhalten. In: Hallesches Jahrbuch Geowissenschaften H. 26, S. 117-130.
- SCHENK, T.A. et al. (2005): An Agent Based Simulation Model on Consumer Choice Behaviour in Food Retailing – Methodological Framework and First Results. Proceedings of the 12th Recent Advances in Retailing and Services Science Conference. Eindhoven 2005.
- THOMALE, E. (1974): Geographische Verhaltensforschung. In: Marburger geographische Schriften H. 61, S. 9-30.
- TIMMERMANS, H.; ARENTZE, T.; JOH, C.-H. (2002): Analysing space-time behaviour: new approaches to old problems. In: Progress in Human Geography Jg. 26, S. 175-190.
- TROITZSCH, K.G.: Computersimulationen in den Sozialwissenschaften. In: HERZ, D. & A. BLÄTTE: Simulation und Planspiel in den Sozialwissenschaften. Eine Bestandsaufnahme der internationalen Diskussion. Münster, Hamburg, London (2000) 181-203.
- TZSCHASCHEL, S. (1986): Geographische Forschung auf der Individualebene – Darstellung und Kritik der Mikrogeographie. (=Münchener geographische Hefte 53).
- VILHELMSON, B. (1997): Vad påverkar resvanorna? Aus: Andersson, H. (Hrsg.): Trafik och miljö. Forskare skriver om kunskapsläge och forskningsbehov. Lund: Studentlitteratur, S. 105-114.
- WERLEN, B.(1987): Gesellschaft, Handlung und Raum. Grundlagen handlungstheoretischer Sozialgeographie. (=Erdkundliches Wissen 89), Stuttgart.
- WERLEN, B. (2000): Sozialgeographie. Bern: Haupt.
- WIESSNER, R. (1978): Verhaltensorientierte Geographie. Die angelsächsische behavioral geography und ihre sozialgeographischen Ansätze. In: Geographische Rundschau Jg. 30, S. 420-426.
- WILSON, A.G. & R.J. BENNETT (1985): Mathematical Methods in Human Geography and Planning. Chichester.
- WIRTH, E. (1981): Kritische Anmerkungen zu den wahrnehmungszentrierten Forschungsansätzen in der Geographie. Umweltpsychologisch fundierter „Behavioural Approach“ oder Sozialgeographie auf der Basis moderner Handlungstheorien? In: Geographische Zeitschrift Jg. 69, S. 161-189.
- WIRTH, E. (1999): Handlungstheorie als Königsweg einer modernen Regionalen Geographie? In: Geographische Rundschau Jg. 51, H. 1, S. 57-64.