

# Ein strategisches Flächennutzungs-/Verkehrsmodell als Werkzeug raumrelevanter Planungen

Paul C. PFAFFENBICHLER & Günter EMBERGER

Dipl. Ing. Paul C. Pfaffenbichler, Dr. Günter Emberger; Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik, TU Wien (TUW-IVV)  
 Gußhausstraße 30/231, 1040 Wien, paul.pfaffenbichler@tuwien.ac.at bzw. guenter.emberger@tuwien.ac.at

## 1 EINLEITUNG

Qualitative systemdynamische Betrachtungen zeigen die engen Wechselbeziehungen zwischen Raum und Verkehr (Abbildung 1)<sup>1</sup>. Eine wirkungsvolle Unterstützung raumrelevanter Entscheidungen verlangt dementsprechend die Anwendung kombinierter Flächennutzungs-/Verkehrsmodelle. Eine isolierte Betrachtung der beiden Teilbereiche ist unzulässig. Dieser Umstand ist in der Theorie spätestens seit Anfang der 70er Jahre bekannt (Abbildung 2). Rechnergestützte kombinierte Modelle existieren seit Mitte der 80er Jahre (Simmonds, 1999). In der Praxis harren jedoch sowohl die quantitative Berücksichtigung der Verknüpfung von Raum- und Verkehrsplanung als auch die Modellierung dynamischer Prozesse einer breiteren Umsetzung (Emberger, Pfaffenbichler, 1999).

Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, ein auf den genannten Erkenntnissen aufbauendes aggregiertes, strategisches Flächennutzungs-/Verkehrsmodell vorzustellen. Dieses ist modular aufgebaut. Sowohl die Flächennutzungs- als auch die Verkehrssubmodelle basieren einheitlich auf einem Gravitations-/Entropieansatz. Der hohe räumliche Aggregationsgrad erlaubt eine zumindest quasi-dynamische Systembetrachtung. Besonderes Augenmerk wurde auf die Abbildung von Maßnahmen aus dem Bereich der Informationstechnologie (Teleworking, flexible Arbeitszeiten, Verkehrstelematik, etc.) gelegt.

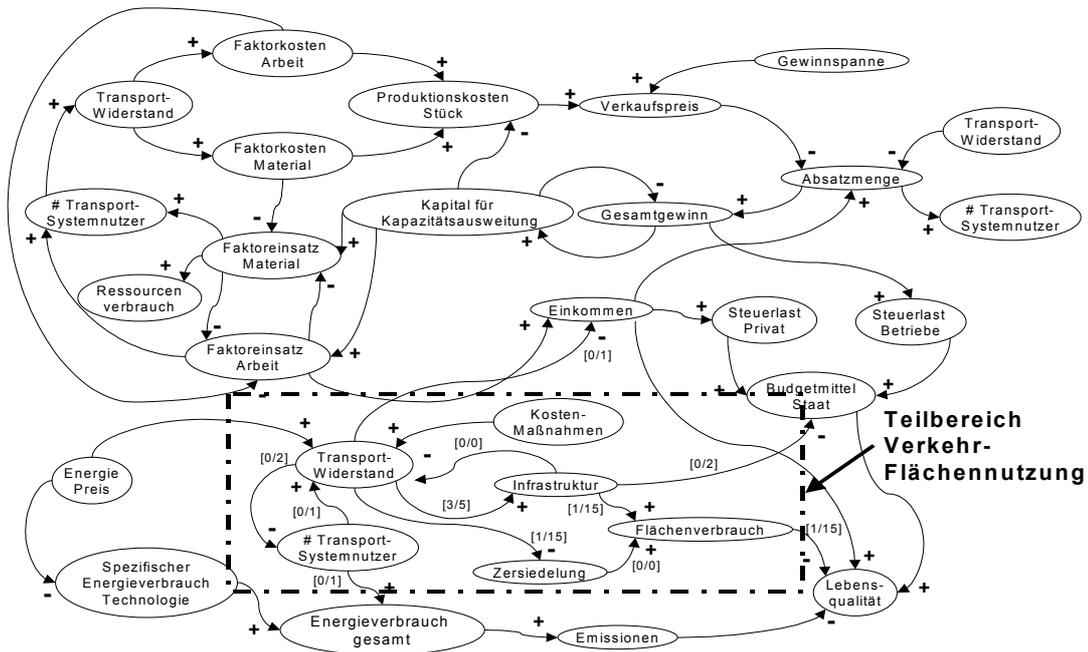


Abbildung 1: CARINT Modell (Causal loop Research on INtegrated Transport) (Emberger, 2000)

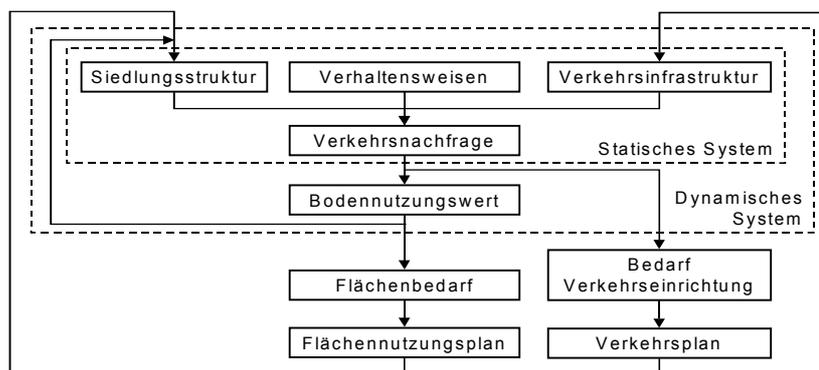


Abbildung 2: Das dynamische Megasytem Siedlungsraum und seine Beeinflussung durch die Planung nach (Wermuth, 1973)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Abbildung 1 zeigt das Causal-Loop-Diagramm des von (Emberger, 2000) entwickelten CARINT-Modells. Causal-Loop-Diagramme verbinden Entitäten mit Pfeilen. Diese symbolisieren die kausalen Zusammenhänge zwischen den Variablen. Positive Vorzeichen bedeuten, der Wert einer Entität steigt, wenn der Wert der mit ihr durch den Pfeil verbundenen Entität steigt. Negative Vorzeichen bedeuten, der Wert einer Entität sinkt, wenn der Wert der mit ihr durch den Pfeil verbundenen Entität steigt.

<sup>2</sup> Das Teilsystem "Siedlungsstruktur – Verhaltensweisen – Verkehrsinfrastruktur – Verkehrsnachfrage" kann, wie auch (Wermuth, 1973) besonders betont, nur bei Betrachtung eines relativ kurzen Zeitraumes als statisch angesehen werden. Die üblichen Prognosezeiträume von etwa 20 Jahren erfordern dagegen eine dynamisch Betrachtungsweise.

**GRUNDLAGEN, AUSGANGSBASIS**

Kombinierte Flächennutzungs-/Verkehrsmodelle existieren seit Mitte der 80er Jahre. David Simmonds verfasste 1999 im Auftrag des britischen "Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment (SACTRA)" eine Zusammenstellung der bis dato existierenden kombinierten Flächennutzungs-/Verkehrsmodelle (Simmonds, 1999). Die beschriebenen Modelle weisen durchwegs einen hohen Komplexitätsgrad auf. Gleichzeitig ist ein stetiger Trend hin zu noch höherer Modellkomplexität beobachtbar. Dieser Prozeß wird vor allem durch die exponentiell steigende Verfügbarkeit von Rechnerleistung ermöglicht und weiter angeregt (Abbildung 3).

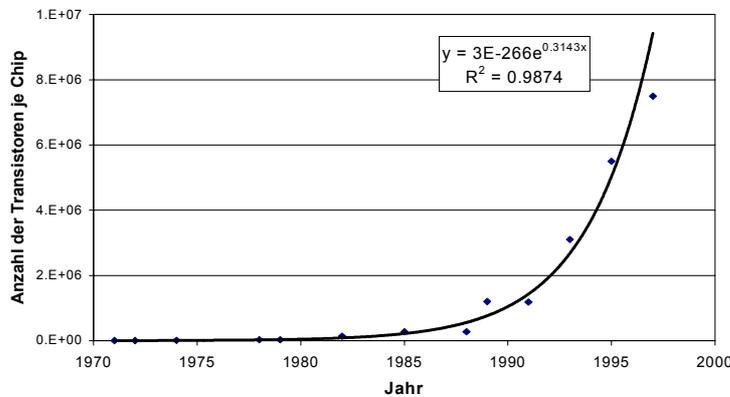


Abbildung 3: Entwicklung der Rechnerleistung (INTEL, 2000)

Die Sinnhaftigkeit einer unkritischen Weiterverfolgung dieses Trends wird hier kurz hinterfragt. Modellungenauigkeiten setzen sich aus zwei Bestandteilen zusammen (Wermuth, 1973):

1. Meßfehler in den zugrundeliegenden Daten und
2. Spezifikationsfehler der Modellbeziehungen.

Mit steigender Modellkomplexität reduziert sich der Spezifikationsfehler (Abbildung 4). Höhere Modellkomplexität vergrößert aber die Zahl der notwendigen multiplikativen Operationen. Damit erhöht sich durch Fehlerfortpflanzung die Auswirkung der Meßfehler. Eine Verbesserung der Datenqualität durch größere Stichproben verringert die Auswirkung der Meßfehler. Für jeden Stichprobenumfang ergibt sich für den Gesamtfehler ein Minimum bei einem bestimmten Grad an Modellkomplexität. Je schlechter die Qualität der zugrundeliegenden Daten, desto niedriger der optimale Komplexitätsgrad. Die Erhebung von Daten ist immer zeitaufwendig und kostspielig. Der Planungsprozeß muß daher häufig in einem, durch geringe Datenqualität gekennzeichneten Umfeld stattfinden (Emberger, Pfaffenbichler, 1999). Eine Anwendung hochkomplexer Modelle erweist sich bei einer derartigen Ausgangslage folglich als kontraproduktiv.

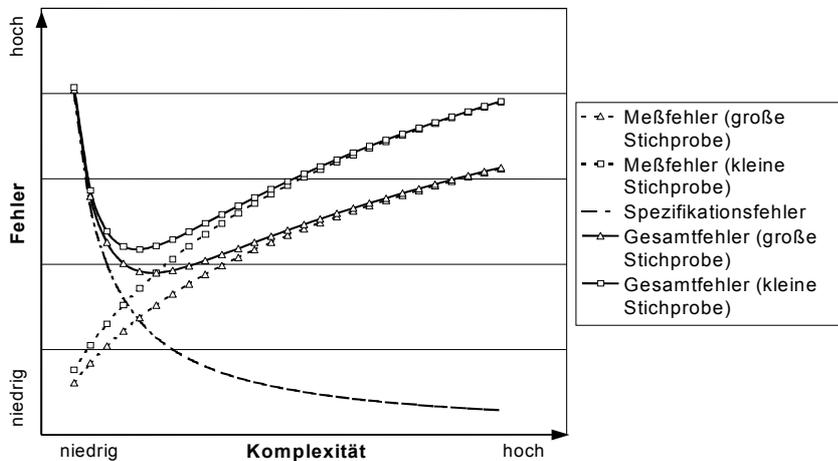


Abbildung 4: Abhängigkeit des Modellfehlers von der Komplexität des Modells bei unterschiedlicher Qualität der Ausgangsdaten (Wernuth, 1973)

Für Fragestellungen, welche sich auf das Stadtgebiet als Ganzes beziehen, verwendet TUV-IVV deshalb seit geraumer Zeit sogenannte strategische Modelle<sup>3</sup>. Punktueller Auswirkungen können mit einem derartigen Modellansatz selbstverständlich nicht behandelt werden. Grundsätzlich bestehen die TUV-IVV Modelle aus jeweils vier Modulen: dem eigentlichen Verkehrsmodell, einem Satz möglicher Inputparameter, verschiedenen Zielfunktionen und einer Optimierungsmethode (Abbildung 5).

<sup>3</sup> Auch als "Sketch-Planning-Model" bezeichnet (Roth, Zahavi, 1981).

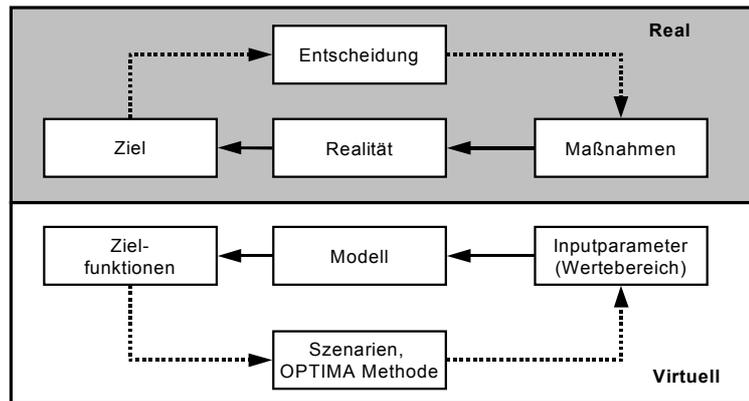


Abbildung 5: Bestandteile von Entscheidungsprozessen in der Realität und im TUV-IVV Modell (Emberger, 1998)

Das eigentliche strategische Verkehrsmodell zeichnet sich zum einen durch ein hohes räumliches Aggregationsniveau aus. Zum anderen entfällt gegenüber den heute gebräuchlichen 4-stufigen Modellen der Schritt der Verkehrsumlegung (Abbildung 6). Modelle dieser Art wurden in unterschiedlichen Konstellationen in internationalen Forschungsprojekten<sup>4</sup> des 4. Rahmenprogramms der Europäischen Union verwendet. Eine Beschreibung des im Verkehrsmodell verwendeten Gravitations-/Entropie-Ansatzes anhand des Modells EURO9 aus dem Projekt SAMI findet sich in (Pfaffenbichler, Emberger, 2000). Beispiele für verwendete Optimierungsmethoden, Inputparameter und Zielfunktionen werden in (Emberger, 1998) und (Knoflacher, Pfaffenbichler et. al., 2000) vorgestellt.

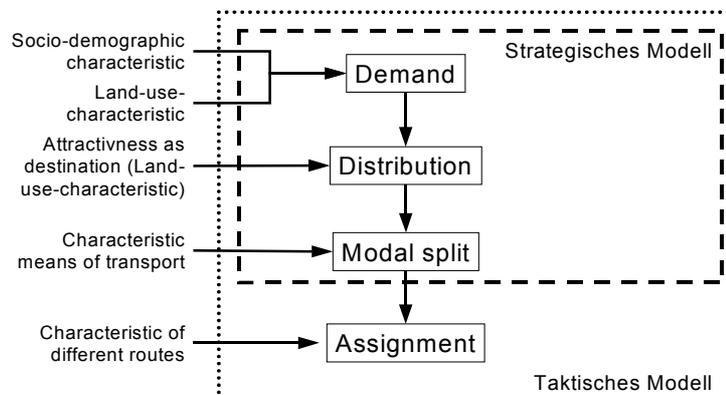


Abbildung 6: Definition strategisches – taktisches Verkehrsmodell (Knoflacher, Pfaffenbichler et. al., 2000)

### DAS STRATEGISCHE FLÄCHENNUTZUNGS-/VERKEHRSMODELL DES TUV-IVV

Abbildung 7 zeigt die Grundstruktur des in einem laufenden EU-Forschungsprojekt<sup>5</sup> neu entwickelten strategischen Flächennutzungs-/Verkehrsmodells. Ausgangspunkt waren die oben beschriebenen existierenden und erprobten Bausteine Verkehrsmodell, Verkehrsplanungsinstrumente und z.T. Zielfunktionen. Das eigentliche Verkehrsmodell wurde um ein detaillierteres Tageszeitmodell erweitert. Ein Flächennutzungssubmodell (bestehend aus einem Erschließungs-, einem Haushaltsstandort- und einem Betriebsstandortmodell) wurde entwickelt und mit dem Verkehrssubmodell verknüpft. Selbstverständlich werden im Verkehrssubmodell neben dem Motorisierten Individualverkehr (MIV) und dem Öffentlichen Verkehr (ÖV) auch die nichtmotorisierten Verkehrsteilnehmer (NM), Radfahrer und Fußgeher, berücksichtigt. Aufgrund der verzögerten Wirkungen des Verkehrs auf die Flächennutzung und umgekehrt<sup>6</sup>, verwendet das TUV-IVV Modell einen iterativen Prozeß. Dies führt zu einem quasi-dynamischen Modellverhalten. Eine wichtige Voraussetzung für das Funktionieren eines derartigen Vorgehens ist die extrem kurze Laufzeit der strategischen TUV-IVV Modelle.

<sup>4</sup> Optimisation of Policies for Transport Integration in Metropolitan Areas (OPTIMA), Financial Assistance for Transport Integration in Metropolitan Areas (FATIMA) und Strategic Assessment Methodology for the Interaction of CTP-Instruments (SAMI).

<sup>5</sup> Procedures for Recommending Optimal Sustainable Planning of European City Transport Systems (PROSPECTS); 5. Rahmenprogramm <http://www-ivv.tuwien.ac.at/projects/prospects.html>

<sup>6</sup> Symbolisiert durch Pfeile mit zwei parallelen Strichen. Die von (Emberger, 2000) identifizierten Wertebereiche der Verzögerungen sind in Abbildung 1 in eckiger Klammer angeführt.

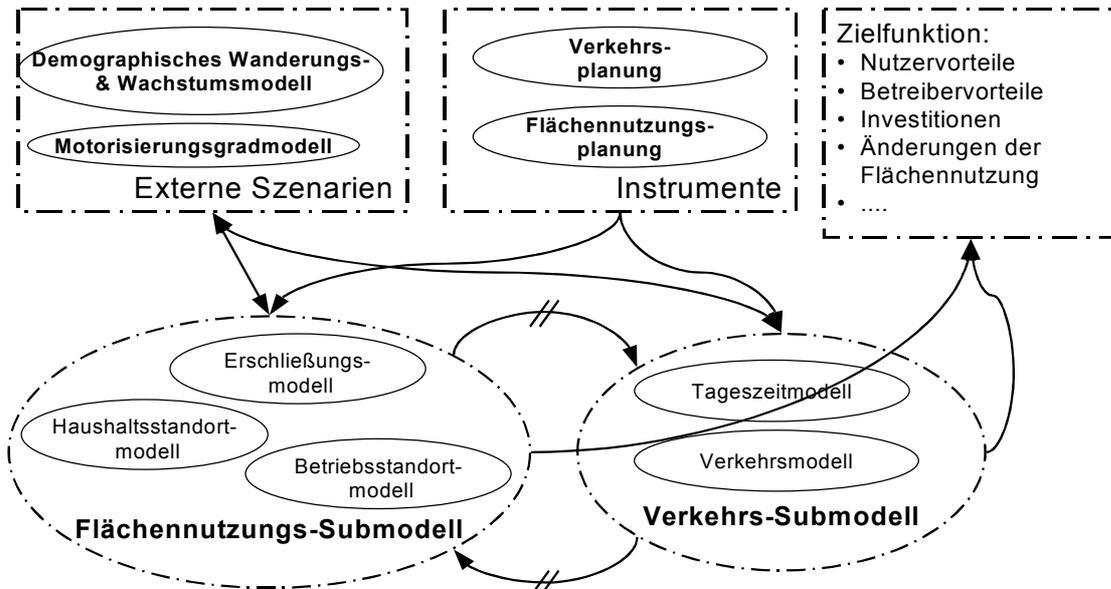


Abbildung 7: Struktur des in PROSPECTS entwickelten strategischen Flächennutzungs-/Verkehrsmodells

Das demographische Wanderungs- und Wachstumsmodell und das Motorisierungsgradmodell werden im ersten Prototypen als externe Szenarien angenommen. Stellt es sich im Zuge der weiteren Entwicklung als notwendig heraus, werden Rückkoppelungen mit den entsprechenden Modellteilen eingeführt. Die abgebildeten planerischen Instrumente wurden um flächennutzungsrelevante Maßnahmen erweitert. Das iterative Vorgehen und die neuen flächennutzungsspezifischen Nutzen- und Kostenkomponenten erfordern eine zumindest teilweise Neudefinition der Zielfunktionen.

Die Berücksichtigung der neu hinzugekommenen Instrumente "Teleworking" und "flexible Arbeitszeiten" erfolgt über das Tageszeitensubmodell. Die mit diesen Maßnahmen verbundene Reduktion und Verbreiterung der Spitzenstunden führt im Modell über Speed-Flow-Kurven zu einer Verringerung der Reisezeiten im MIV. Im ÖV kann eine Verbreiterung der Spitzenstunden durch eine gleichmäßigere Aufteilung der Auslastung zu qualitativen Verbesserungen führen. Allerdings können in den Randbereichen der Spitzenzeiten niedrigere Taktfrequenzen auftreten. Dieser Umstand führt zu einer Verlängerung der ÖV-Reisezeiten.

Die Maßnahme "Verkehrstelematik" erhöht die Straßenkapazität (Abbildung 8). Damit Verkürzen sich die Reisezeiten für die MIV-Benutzer. Durch eine verringerte Durchlässigkeit für querende Fußgänger erhöht sich gleichzeitig die Reisezeit der nicht motorisierten Verkehrsteilnehmer. Weiters ist die Maßnahme "Verkehrstelematik" mit hohen Investitionen auf der Betreiberseite verbunden.

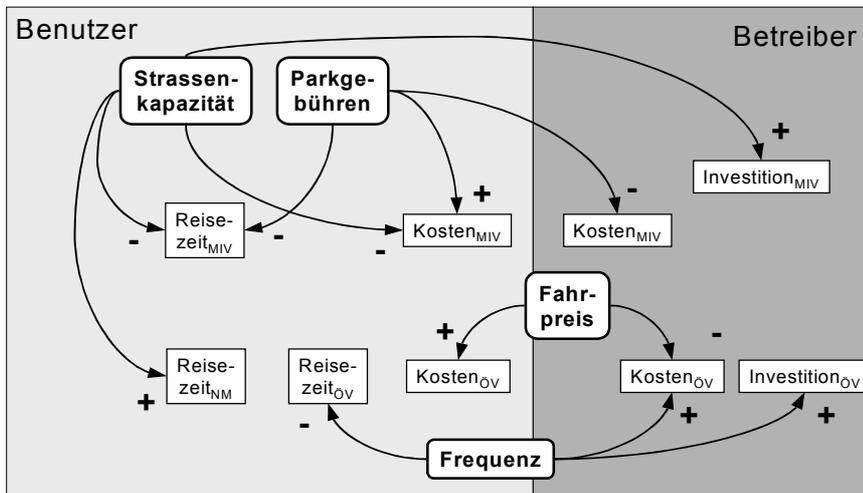


Abbildung 8: Wirkungen verkehrspolitischer Instrumente für Benutzer und Betreiber (Knoflacher, Pfaffenbichler et. al., 2000)

## SCHLUBFOLGERUNGEN

Die Notwendigkeit einer gemeinsamen Modellierung von Flächennutzung und Verkehr ist seit den frühen 70er Jahren bekannt. Ebenso lange bekannt ist der dynamische Charakter des Zusammenhanges zwischen Flächennutzung und Verkehr. Trotzdem fehlt in der Modellpraxis bis heute weitgehend die Berücksichtigung dieser Erkenntnisse. Das strategische Flächennutzungs-/Verkehrsmodell von TUW-IVV dagegen trägt diesen Modellanforderungen Rechnung durch:

- die zeitlich versetzte Verknüpfung eines Flächennutzungs- und eines Verkehrssubmodells sowie
- die Verwendung einer iterativen Vorgehensweise.

Wesentliche Voraussetzung ist eine niedrige Modelllaufzeit. Das von TUW-IVV verwendete Konzept des strategischen Verkehrsmodells erfüllt diese Anforderung ausgezeichnet. Gleichzeitig wird die notwendige hohe Abbildungstreue erreicht.

Das von TUW-IVV entwickelte strategische Flächennutzungs-/Verkehrsmodell wird im Zuge des EU-Forschungsprojektes PROSPECTS international vorgestellt und validiert. Zu diesem Zweck kommt es neben Wien auch in fünf Europäischen Großstädten zum Einsatz. Die Aufgabe des Modellansatzes ist es, Politikern und Entscheidungsträgern in der Verwaltung ein interaktives Planungs- und Simulationswerkzeug zur Verfügung zu stellen. Auswirkungen verkehrs- und raumplanerischer Maßnahmen, wie z.B. die räumlichen und zeitlichen Effekte der Anwendung von Informationstechnologien, können simuliert werden. Diese Simulationsumgebung versetzt Planer in die Lage, siedlungs- und verkehrsstrukturelle Fehlentwicklungen bereits im Vorfeld von Entscheidungen zu erkennen und zu vermeiden.

## LITERATUR

- Emberger G.: Causal Loop To Describe Transport System's Effects on Socio-Economic Systems, Proceedings of the 18th International Conference of the Systems Dynamic Society (Ed. P.I. Davidsen, D.N. Ford, A.N. Mashayekhi), Bergen, Norway, pp. 61-62, 6-10 August, 2000
- Emberger G., Pfaffenbichler P. C.: Kritische Betrachtung rechnergestützter Verkehrsplanung, Proceedings CORP 1999: Computergestützte Raumplanung, Manfred Schrenk (Hg.), Institut fuer EDV-gestuetzte Methoden in Architektur und Raumplanung, Wien, 10-12 Februar 1999
- Emberger G.: Vorstellung einer Methode zum Lösen komplexer Optimierungsprobleme, Proceedings CORP 1998: Computergestützte Raumplanung, Manfred Schrenk (Hg.), Institut für EDV-gestützte Methoden in Architektur und Raumplanung, S. 305-313, Wien, 11-13 Februar 1998
- INTEL: Processor Hall of Fame: What is Moores Law, <http://www.intel.com/intel/museum/25anniv/hof/moore.htm>, accessed 15. December 2000
- Knoflacher H., Pfaffenbichler P. C., Emberger G.: A Strategic Transport Model-based Tool to Support Urban Decision Making Processes, Proceedings of the 2nd International Conference on Decision Making in Urban and Civil Engineering, Editor: J.-C. Mangin, M. Miramond, 1, INSA Lyon (Fr), ESIGC Chambéry (Fr), ENTPE Vaulx-en-Velin (Fr), ETS Montral (Ca), Lyon, 20-22 November 2000
- Pfaffenbichler P. C., Emberger G.: Ein strategisches Verkehrsmodell von Europa (EURO 9), Proceedings CORP 2000: Computergestuetzte Raumplanung, Manfred Schrenk (Hg.), 2, Institut fuer EDV-gestuetzte Methoden in Architektur und Raumplanung, TU Wien, S. 273-279, Wien, 16-18 Februar 2000
- Roth G., Zahavi Y.: Travel Time "Budgets" in Developing Countries, Transportation Research A, Volume 15 A, pp. 87-95, 1981
- Simmonds D.: Review of Land-Use/Transport Interaction Models, David Simmonds Consultancy in collaboration with warcial Echenique and Partners Limited, Reports to The Standingg Advisory Committee on Trunk Road Assessment, Department of the Environment, Transport and the Regions, London, 1999
- Wermuth M.: Genauigkeit von Modellen zur Verkehrsplanung, Vorträge im Arbeitsseminar "Verkehrsmodelle als Grundlage der Verkehrsplanung – Zusammenhänge zwischen städtebaulichen Daten und dem Verkehr", Veröffentlichungen des Instituts für Stadtbauwesen, Technische Universität Braunschweig, Heft 12, Hg.: O. Prof. Dipl. Ing. H. Habekost, Braunschweig, 1973

## FORSCHUNGSPROJEKTE

- OPTIMA** (1997); Optimisation of Policies for Transport Integration in Metropolitan Areas; <http://www-ivv.tuwien.ac.at/projects/optima.html>
- FATIMA** (1999); Financial Assistance for Transport Integration in Metropolitan Areas; <http://www-ivv.tuwien.ac.at/projects/fatima.html>
- SAMI** (2000), Strategic Assessment Methodology for the Interaction of Common Transport Policy Instruments, <http://www-ivv.tuwien.ac.at/projects/sami.html>
- PROSPECTS** (laufend), Procedures for Recommending Optimal Sustainable Planning of European City Transport Systems, <http://www-ivv.tuwien.ac.at/projects/prospects.html>