

DISS. ETH Nr. 16021

**SYSTEMDYNAMISCHE SIMULATION VON VERKEHR UND
FLÄCHENNUTZUNGEN –
EVALUATION NACHHALTIGKEITSFÖRDERNDER MASSNAHMEN**

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Christian Heimgartner
Dipl. Bau-Ing. ETH

geboren am 21. November 1970
von
Fislisbach AG

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. Kay W. Axhausen
Prof. Dr. Bernd Scholl

2005

Dissertation

Systemdynamische Simulation von Verkehr und Flächennutzungen - Evaluation nachhaltigkeitsfördernder Massnahmen

Christian Heimgartner
Bergstrasse 12
CH-8165 Schöfflisdorf

Tel.: +41 79 684 12 39
christian.heimgartner@bluewin.ch

Oktober 2005

Kurzfassung

Für die Förderung einer nachhaltigen Entwicklung ist das Verständnis dafür, wie der Mensch Flächen nutzt und wie er zwischen diesen Flächennutzungen verkehrt und auch Güter transportiert, von immenser Wichtigkeit. Verkehr und Flächennutzungen bedingen sich nicht nur gegenseitig in vielfacher Hinsicht, sondern stehen auch in Wechselwirkung zu wesentlichen Faktoren der Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. Die Methode der Systemdynamik stellt ein geeignetes Instrument für die Modellierung solcher Wechselwirkungen dar, erlaubt sie doch die Simulation von Systementwicklungen über die Zeit und mithin die Berücksichtigung von Rückkoppelungen. Durch eine systemdynamische Simulation von Verkehr und Flächennutzung im Nachhaltigkeitskontext sollen also Massnahmen auf ihre nachtigkeitsfördernde Wirkung hin evaluiert werden. Zwar existieren bereits viele Modellansätze, die in diese Richtung zielen, aber es mangelt an Modellen, welche die verschiedenen Aspekte von Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft auf der Basis eines Gesamtsystemkonzepts berücksichtigen. Es gilt somit eine Systemstruktur zu entwickeln, die primär der Vernetzung und erst sekundär der Detailtreue Rechnung trägt. So vernetzt der gewählte Modellansatz denn auch Personenflüsse mit Güterflüssen. Die Personenflüsse verstehen sich als Abfolge von Aktivitäten zwischen Geburt und Tod. Zentrale Aktivitäten sind dabei Wohnen, Arbeiten, Bilden, Einkaufen und Konsumieren, Unterhalten und Erholen sowie Verkehren zwischen den Standorten dieser Aktivitäten. Güterflüsse entspringen dem Abbau, durchfliessen anschliessend die Prozesse Produktion und Verkauf, ehe sie nach dem Konsum entweder noch durchs Recycling oder ge-

rade direkt zur Entsorgung gelangen. Durch ausgewählte verkehrs- und raumplanerische Massnahmen kann auf die simulierte Entwicklung Einfluss genommen werden.

Nun hat sich allerdings in ersten Testsimulationsläufen gezeigt, dass das Modell nicht zuverlässig arbeitet. So reagiert das Modell etwa hinsichtlich der Verkehrsmittelwahl seitens der Modellakteure je nach Randbedingungen instabil: Die einzelnen Akteure wechseln in diesem Fall zwischen den zwei Verkehrsmittelvarianten öV und IV hin und her. Ursache hierfür ist in erster Linie ein Modellfehler: Zum einen wurde mit dem Modell ein agentenbasierter Ansatz verfolgt, sodass gänzlich verhaltenshomogene Gruppen von Akteuren nach entsprechenden Verhaltensparametern agieren. Zum anderen ist das Modell hochaggregiert. Dies hat zur Folge, dass die einzelnen Akteurgruppen zu gross und deren Anzahl zu klein ist. Ein Logit-Ansatz für die Verkehrsmittelwahl hätte hier bestimmt Abhilfe leisten können. Unplausibel reagiert das Modell etwa auch betreffend die Stoff- und Geldflüsse. Der Bedarf an den verschiedenen Stoffen ist mehrheitlich weitaus grösser als das vorhandene Angebot. Und die Vermögen der einzelnen Akteure entwickeln sich zuweilen viel zu negativ, sodass ein Konkurs die logische Folge wäre, oder wie etwa im Falle des Staats viel zu positiv. Die generell im Modell fix ausgestalteten Preise vermögen keine gesunde Balance zwischen den verschiedenen Vermögensentwicklungen zu erzielen. Es ist als Modellfehler zu sehen, dass die Preise nicht flexibel abgebildet wurden. Darüber hinaus zeigt sich auch, dass für viele Aspekte eines vernetzten Modellansatzes eine Datengrundlage fehlt. So mussten viele Preise geschätzt werden, und gerade betreffend den Stoffhaushalt waren viele Abschätzungen und Annahmen zu treffen. Angesichts der Vielzahl an Modellelementen und deren hochaggregierten Natur sind hierbei Fehler nicht zu vermeiden. Es war falsch, dass die Datenverfügbarkeit ein sekundäres Modellierungskriterium war. Der Modellansatz hätte so gewählt werden müssen, dass entsprechende Datenlücken mit vertretbarem Aufwand zu schliessen und dadurch die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Modellierung in quantitativer Hinsicht gegeben gewesen wären. Angesichts der Grösse des Modells war der notwendige Aufwand im Rahmen einer Dissertation nicht zu erbringen. Ein vergleichsweise disaggregierter Ansatz hätte angesichts seiner Detailtreue den Umgang mit verfügbaren Daten und Datenlücken bestimmt vereinfacht, der Aufwand für die Entwicklung eines vernetzten Modells disaggregierter Natur wäre aber ins Unermessliche gestiegen. Und gerade darin macht das vorliegende Modell trotz seiner Mängel ein generelles Dilemma der Modellierung vernetzter Gesamtsysteme für die Förderung einer nachhaltigen Entwicklung sichtbar, was einen zentralen modelltheoretischen Erkenntnisgewinn bedeutet:

Gemessen an der Komplexität und des damit verbundenen enormen Aufwands für die Modellentwicklung ist das Modell viel zu genau, gemessen an der Plausibilität der Resultate ist das Modell viel zu ungenau!

Ob der Aufwand für disaggregiertere Ansätze erbracht werden kann und soll, ist hierbei die zentrale Frage. Nun ist ja die nachhaltige Entwicklung vor allem auch ein handlungs- und umsetzungsorientiertes Konzept. Da gerade aus Nachhaltigkeitsgründen die Wissensverbreitung von immenser Bedeutung ist, stehen diesbezüglich klare und einfache und somit für die verschiedenen Entscheidungsträger verständliche Modelle im Vordergrund. Die Entwicklung von aufwändigen disaggregierten und vernetzten Modellansätzen zu Forschungszwecken ist dabei von sekundärer Bedeutung.

Schlagworte

Verkehr; Flächennutzung; Nachhaltige Entwicklung; Modell; Systemdynamik; Simulation; Massnahmen

Zitierungsvorschlag

Heimgartner, Christian (2005) Systemdynamische Simulation von Verkehr und Flächennutzungen - Evaluation nachhaltigkeitsfördernder Massnahmen, Dissertation, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETH Zürich, Zürich.

Dissertation

System Dynamic Simulation of Transportation and Land Use - Evaluation of Sustainability Promoting Policies

Christian Heimgartner
Bergstrasse 12
CH-8165 Schöfflisdorf

Tel.: +41 79 684 12 39
christian.heimgartner@bluewin.ch

October 2005

Abstract

How man uses space, how he travels between this land uses and how he transports some goods, knowledge about that is of much importance with regard to the promotion of a sustainable development. Transport and land use are not only in correspondence to each other, but they stand in interaction to substantial factors of the environment, economy and society. The system dynamics method is a suitable instrument for the modelling of such interactions as it allows the simulation of system developments over time and therefore the consideration of feedback loops. With a system dynamics simulation of transport and land use in the context to sustainability policies are to be evaluated with regard to their sustainability promoting effect. Already there are many models, which aim in this direction, but it lacks of models, which consider the different aspects of environment, society and economics based on an overall system concept. Thus there is the need to develop a system structure, which is focused primarily on the connectivity and secondarily on the detail. Thus the chosen model framework connects person flows with goods flows. The person flows are to be understood as succession of activities between birth and death. Core activities are thereby residing, working, learning, shopping and consuming and recreation as well as travelling between the locations of these sites. The source of goods flows is the exploitation, from where they flow through the processes production, sales and consumption, before they arrive at the recycling or straight directly at the disposal. By selected transport and land use policies the simulation process can be influenced.

Now however first test simulation runs have shown that the model does not work reliably. Thus the model reacts unstably with regard to the modal choice: In this case the model agents change to and fro between the two modes public transport and car. Primarily this is caused through a model error: On the one hand the model is based on an agent-based approach, so that so that completely behaviour-homogeneous groups of agents act accordingly to their behaviour parameters. On the other hand the model is highly aggregated. This has the consequence that the individual groups of agents are too largely and that there are too less groups. With a logit approach for modal choice better results would have been reached. The model also reacts implausibly with regard to the goods and money flows. The need for the different goods in most cases is far larger than the existing supply. And the fortunes of the different agents in some cases show a development that is too negatively, so that a bankruptcy would be the logical result, or that is as for instance in the case of the state too positive. In general the prices modelled in a fix way are not able to obtain a healthy balance between the different fortune developments. That the prices are modelled in a fix way has to be seen as a modelling error. Beyond that it can be seen that for many aspects of a connected model approach there is a lack of suitable data. So many prices had to be estimated, and especially with regard to the goods flows many estimations and assumptions had to be taken. Here mistakes cannot be avoided in view of the big number of model elements and their highly aggregated nature. It was wrong that the data availability was a secondary modelling criterion. The model approach would have had to be chosen in such a way that data gaps could have been closed at acceptable costs, so that the conditions for a successful quantitative modelling would have been given. In view of the big size of the model the necessary costs were too big within a PhD-thesis. A more disaggregated approach would have been much easier in handling with the available data and the data gaps while however the costs for the development of a disaggregated connected model would have got immeasurable. And just therein despite its faults the presented model makes visible a general dilemma of the modelling of connected overall systems for the promotion of a sustainable development, what is a central model-theoretical conclusion:

With regard to the complexity and the entailed costs for the modelling process the model is too exact, with regard to the plausibility of the results the model is too inexact!

Here the central question is whether the costs for disaggregated approaches can and should be afforded. Now above all a sustainable development is also an action and realization oriented concept. Since with regard to sustainability the diffusion of knowledge is of immense importance, clear and simple models understandable for the different decision makers are thus the

centre of importance. The development of costly disaggregated and connected model approaches for research purposes is thereby of secondary importance.

Keywords

Transport; Land Use; Sustainable Development; Model; System Dynamics; Simulation; Policies

Preferred citation style

Heimgartner, Christian (2005) System Dynamic Simulation of Transportation and Land Use - Evaluation of Sustainability Promoting Policies, Dissertation, Institute for Transport Planning and Systems, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich.