



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Raumentwicklung ARE
Office fédéral du développement territorial ARE
Ufficio federale dello sviluppo territoriale ARE
Uffizi federal da svilup dal territori ARE

b a s e s

Konzeptstudie

Flächennutzungsmodellierung

Grundlagenbericht

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)
Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)

Auftraggeber

Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)

Auftragnehmer

IVT, ETH Zürich
mappuls AG, Luzern

Bearbeitung

Christof Zöllig (IVT)
Raffael Hilber (mappuls AG)
Kay W. Axhausen (IVT)

Begleitung

Martin Tschopp, Sektion Grundlagen ARE
Timo Ohnmacht, Sektion Grundlagen ARE
Helmut Honermann, Sektion Grundlagen ARE
Kurt Infanger, Sektion Grundlagen ARE

Produktion

Rudolf Menzi, Stabsstelle Information ARE

Zitierweise

Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2011), Konzeptstudie Flächennutzungsmodellierung - Grundlagenbericht

Bezugsquelle

www.are.admin.ch

03.2011

Abstract

Die vorliegende Konzeptstudie evaluiert Möglichkeiten zur Ergänzung des nationalen Verkehrsmodells um ein Flächennutzungsmodell. In einem Workshop mit dem ARE wurden grundsätzliche Bedürfnisse erörtert und Eignungskriterien abgeleitet. Eine umfassende Literaturchsicht bietet einen Überblick über vorhandene Modellsysteme. Auf dem Hintergrund der Literaturchsicht und der Eignungskriterien werden DELTA, TIGRIS XL und UrbanSim für eine SWOT-Analyse ausgewählt. Eine Expertenbefragung und eine kleine Befragung potenzieller Anwender liefern zusätzliche Informationen.

Die SWOT-Analyse ergibt, dass UrbanSim gegenüber den beiden anderen Modellsystemen leicht zu bevorzugen ist. Ein wichtiger Faktor ist die hohe Flexibilität bezüglich möglicher Umsetzungsmöglichkeiten. Eine minimale und maximale Variante sowie ein empfohlenes Vorgehen sind im letzten Kapitel beschrieben.

Zusammenfassung

Flächennutzungsmodelle

In der Verkehrsplanung werden schon lange quantitative Modelle zur Massnahmeevaluation eingesetzt. Auf Bundesebene ist dies das Verkehrsmodell des UVEK (VM-UVEK). Diese Modelle berücksichtigen jedoch die Rückkopplung mit der Flächennutzung und deren endogene Dynamik nicht. Dies ist aber beispielsweise für die Modellierung von langfristigen Verkehrsprognosen problematisch.

Ein Flächennutzungsmodell versucht das urbane System inklusive der Beziehungen respektive der Prozesse zwischen den Systemkomponenten abzubilden und die Flächennutzung sowohl im Ausmass als auch in ihrer räumlichen Verteilung zu erklären. Im Interesse des ARE sind sogenannte „Land-use transport interaction models“ (LUTI). LUTI-Modelle berücksichtigen auch den Rückkoppelungsprozess zwischen Landnutzungs- und Verkehrssystem und ermöglichen deshalb insbesondere auch die Simulation der Auswirkungen von Infrastrukturausbauten auf die Landnutzung. LUTI-Modelle verfügen entweder über ein integriertes Verkehrsmodell oder können mit einem externen Verkehrsmodell verknüpft werden.

Zielsetzung der Studie

Mit der rasanten Entwicklung der Informationstechnologie sind grosse Datenmengen zur Flächennutzung verfügbar und analysierbar geworden, was im Bereich der Flächennutzungsmodellierung zur Entwicklung mehrerer solcher Systeme geführt hat. Mit diesen Systemen können quantitative Szenarien simuliert werden, was die Überprüfung von Instrumenten und Massnahmen ex ante erlaubt. Das ARE hat diese Konzeptstudie in Auftrag gegeben, um zu prüfen, welches der existierenden Flächennutzungsmodelle das nationale Verkehrsmodell am besten ergänzen würde und welcher Nutzen erwartet werden kann.

Anforderungen

Ein im Rahmen dieses Projekts durchgeführter Workshop mit Mitarbeitern des ARE hat gezeigt, dass die möglichen Anwendungsbereiche oder zu beantwortenden Fragestellungen umfangreich und breit sind. Die Erwartungen an die Entscheidungsunterstützung durch ein Flächennutzungsmodell sind fast durchwegs sehr hoch. Weil sich das ARE zwar primär um nationale Fragen kümmern

muss, sich jedoch bei der Prüfung der kantonalen Richtpläne respektive der Agglomerationsprogramme auch mit kantonalen, regionalen oder sogar lokalen Fragestellungen auseinandersetzen muss, sind auf allen räumlichen Ebenen Anwendungsbereiche genannt worden.

Basierend auf den genannten Fragestellungen wurden Eignungskriterien für das Flächennutzungsmodell definiert. Im Vordergrund stehen (Muss-Kriterien): die Durchführung gesamtschweizerischer Analysen und die Integration des VM-UVEK als Verkehrsmodell inklusive dessen Zonierung, die verfeinert werden können soll.

Daten

Um die formulierten Fragestellungen zu beantworten, sind Daten zum Flächenangebot, der Flächenachfrage, des Verkehrs, der erlaubten Flächennutzung, der Bevölkerung, der Arbeitsplätze sowie der Makroökonomie in der modellierten räumlichen Auflösung notwendig.

Daten, die diese Bereiche abdecken sind in der Schweiz in ausreichender Qualität vorhanden und für das ARE verfügbar. Diverse Bestrebungen des Bundes und der Kantone führen dazu, dass sich die Situation in der Zukunft verbessern wird und mit genaueren und aktuelleren Daten, die zudem einfacher verfügbar sind, gearbeitet werden kann.

Modell

Die Entwicklung der Flächennutzungsmodelle erfuhr einen bedeutenden Schub durch die Weiterentwicklungen der theoretischen Fundierung (Entscheidungsmodellierung) sowie der technischen Anwendbarkeit (Mikrosimulation). Eine Analyse der existierenden Modelle vor dem Hintergrund der aktuellen theoretischen und technischen Entwicklungen sowie der Fragestellungen des ARE ergab, dass das Modell UrbanSim (mit leichten Vorteilen gegenüber den Modellen DELTA und TIGRIS XL) am geeignetsten ist. Die Vorteile von UrbanSim resultieren aus der grossen Flexibilität und der breiten Anwenderschaft. Ein weiterer Vorteil ist, dass in der Schweiz bereits Know-How bezüglich der Implementierung von UrbanSim vorhanden ist.

Erstellung

Grundsätzlich muss ein Flächennutzungsmodell schrittweise implementiert werden. Die sofortige Implementierung eines umfassenden Modells erachten die Autoren nicht als sinnvoll.

Die Implementierung eines Flächennutzungsmodells lässt sich in die Phasen Initialisierung, Definition des Anwendungsfalls, Datenaufbereitung, Aufbau des Modells, Simulation und Interpretation gliedern. Im Rahmen der Initialisierung hat die Schaffung eines günstigen Umfelds für die Implementierung eines nationalen Flächennutzungsmodells entscheidende Bedeutung. Gleichzeitig muss der Anwendungsfall für jeden Ausbauschnitt möglichst klar definiert und auch abgegrenzt werden, um keine falschen oder verfrühten Hoffnungen zu schüren. Die Datenaufbereitung besteht insbesondere auch aus der Schätzung der notwendigen Entscheidungsmodelle sowie dem Aufbau einer geeigneten Datenbank, um in den folgenden Schritten das Modell aufbauen und die Simulation durchführen zu können. Die Resultate können nach deren Interpretation als Unterstützung für die Beantwortung der simulierten Fragestellung verwendet werden.

Die Autoren empfehlen schrittweise vor zu gehen und nicht von Anfang an ein umfassendes Modell operationalisieren zu wollen. Dazu wird empfohlen die Zonenversion von UrbanSim mit den Zonen von VM-UVEK zu verwenden. Ausgehend von einem verfügbaren Beispielmmodell von UrbanSim sollen sukzessive die vorhandenen Daten und Modelle mit Eigenen ersetzt werden. Demnach umfasst die Basisvariante zuerst nur ein Modell zur Wohn- und Arbeitsplatzstandortwahl.

Das ARE hat günstige Bedingungen, ein Flächennutzungsmodell vergleichsweise rasch implementieren zu können. Einerseits verfügt das ARE über ein weit entwickeltes Verkehrsmodell, andererseits sind die notwendigen Daten für das ARE relativ einfach verfügbar. Unter der Voraussetzung, dass das ARE externe Unterstützung und 100 Stellenprozent, verteilt auf mehrere Spezialisten, für den Aufbau des Flächennutzungsmodells einsetzen kann, erachten die Autoren einen Zeitrahmen von 2 Jahre für die Implementierung eines Basis-Modells, das die Standortwahl von Haushalten und Firmen modelliert, als realistisch. Für eine externe Unterstützung durch Spezialisten in der Modellschätzung ist mit Aufwänden in der Grössenordnung von 50'000 CHF zu rechnen. Für die Unterstützung der internen Arbeiten während der gesamten Projektdauer müsste mit Aufwänden von weiteren rund 50'000 CHF über die zwei Jahre gerechnet werden.

Schlussfolgerungen

Die Implementierung eines nationalen Flächennutzungsmodells ist ein langfristiges und relativ aufwändiges Projekt bei dem konkreter Nutzen erst nach etwa zwei Jahren erwartet werden kann. Die Voraussetzungen für die Implementierung eines nationalen Flächennutzungsmodells sind jedoch günstig. Sowohl innerhalb als auch ausserhalb des ARE (beispielsweise bei den intervieweten Kantonen) ist das Interesse an einem derartigen Modell hoch. Zudem zeigt diese Studie anhand von Beispielen aus anderen Ländern, dass ein Flächennutzungsmodell operationalisierbar ist und vor allem dass dank Erkenntnissen aus der Modellierung nachhaltigere Entscheide gefällt werden können.

Einen Ausbau der Modellierungstätigkeiten des ARE von der nun etablierten reinen Verkehrsmodellierung zu einer integrierten Flächennutzungs- und Verkehrsmodellierung erachten die Autoren deshalb als möglich und sinnvoll.

Dank

Die Autoren danken den Teilnehmern des Workshops Matthias Howald, Kurt Infanger, Isabelle Kiener, Timo Ohnmacht und Martin Vinzenz für die interessanten Anregungen und den Interviewpartnern Stephen Cragg, Karst Geurs, Peter Marti, Michael Löchl, Wilhelm Natrup, Maren Outwarter, Daniel Rietmann, Peter Rytz, David Simmonds, Beat Suter, Paul Waddell und Barry Zondag für die angeregten Gespräche und qualifizierten Informationen. Ganz besonders bedanken wir uns beim ARE für den spannenden Auftrag und Martin Tschopp für die kompetente Projektleitung.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Ziele und Vorgehen der Studie	2
2.1 Ziele.....	2
2.2 Vorgehen.....	3
3 Allgemeine Aspekte und Abgrenzung	5
3.1 Allgemeine Aspekte.....	5
3.2 Abgrenzung.....	9
4 Anforderungen	13
4.1 Fragestellungen.....	13
4.2 Eignungskriterien.....	17
5 Flächennutzungsmodelle	20
5.1 Unterscheidungskriterien.....	20
5.2 Übersicht über operationale Flächennutzungsmodelle.....	26
5.3 Erfahrungen mit Flächennutzungsmodellen.....	30
5.4 Empfehlungen / Schlussfolgerungen.....	42
6 Daten	43
6.1 Vorbemerkungen.....	43
6.2 Überblick.....	43
6.3 Ausgangszustand.....	44
6.4 Zukünftiger Zustand.....	48
7 Interviews	50
7.1 Durchführung.....	50
7.2 Befragte.....	50
7.3 Auswertung / Schlussfolgerungen.....	52

8 SWOT-Analyse	63
9 Erstellung	66
9.1 Modell.....	66
9.2 Varianten.....	66
9.3 Arbeitsschritte.....	69
9.4 Meilensteine.....	71
9.5 Budget.....	72
10 Literatur	73
11 Glossar	82

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Zeitplanung.....	3
Tabelle 2 Mögliche Einsatzbereiche und Fragestellungen (im Workshop erarbeitet).....	14
Tabelle 3 Eignungskriterien.....	18
Tabelle 4 Charakterisierung acht ausgewählter LUTI-Modelle.....	29
Tabelle 5 Entwicklung des Einsatzes von Flächennutzungsmodellen in den USA.....	30
Tabelle 6 Entwicklungspfade von LUTI-Modellen.....	41
Tabelle 7 Quellen von Szenario-Berechnungen.....	49
Tabelle 8 Befragte.....	51
Tabelle 9 Zusammenfassung der Stärken und Schwächen.....	65
Tabelle 10 Varianten.....	67
Tabelle 11 Meilensteine.....	71

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Das urbane System mit 9 Teilsystemen.....	8
Abbildung 2 Konkretisierung von Modellen.....	9
Abbildung 3 Rückkopplungsprozess zwischen Landnutzungs- und Verkehrssystem.....	10
Abbildung 4 Systematik von Flächennutzungsmodellen (LUTI).....	11
Abbildung 5 Raumgliederung des TRANUS Modells der Schweiz.....	35
Abbildung 6 Struktur des TRANUS Modells der Schweiz.....	37
Abbildung 7 Stärken-Schwächen-Profile.....	64

Abkürzungen

ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
BfS	Bundesamt für Statistik
BUR	Betriebs- und Unternehmensregister
ESPOP	Statistik des jährlichen Bevölkerungsstandes
GWR	Eidgenössisches Gebäude- und Wohnungsregister
LCC	Landcover Change Model
LUC	Landuse Change Model
LT	Landuse Transport Model
LTE	Landuse Transport Ecology Model
LUTI	Landuse Transport Interaction Model
NPVM	Nationales Personenverkehrsmodell
NRP	Neue Regionalpolitik
RPG	Bundesgesetz vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz)
RPV	Raumplanungsverordnung vom 28. Juni 2000
RUM	Random Utility Maximisation
SWOT	S trengths (Stärken), W eaknesses (Schwächen), O pportunities (Chancen) und T hreats (Gefahren)
UGM	Urban Growth Model
VM-UVEK	Verkehrsmodellierung des UVEK
ZEB	Zukünftige Entwicklung der Bahninfrastruktur
ZINARE	Ziel- und Indikatorensystem ARE

1 Einleitung

Ein einsatzfähiges, quantitatives Flächennutzungsmodell ist momentan in der Schweiz nicht verfügbar, obwohl es Versuche gegeben hat (z.B. Gruber et al., 2000; Geiger, 2007). Das ARE wünscht sich ein Flächennutzungsmodell, um quantitative Aussagen zur Flächennutzungsentwicklung machen zu können. Motiviert ist dieser Vorstoss durch die guten Erfahrungen, welche mit der nationalen Verkehrsmodellierung (VM-UVEK) gemacht wurden, durch erfolgreiche Anwendungen von Flächennutzungsmodellen im Ausland und deren politische Relevanz für die Teilrevision des Raumplanungsgesetzes. Es soll deshalb geprüft werden, inwiefern das VM-UVEK mit einem Flächennutzungsmodell ergänzt werden kann.

Die erwarteten Nutzen liegen in drei Aspekten. Mit einem Flächennutzungsmodell würde auch im Bereich der Flächennutzungsentwicklung ein Hilfsmittel zur Verfügung stehen, welches quantitative Aussagen ermöglicht (I). Es könnten z.B. quantitative Prognosen zum Bodenverbrauch gemacht werden. Durch das Anknüpfen an das bestehende Verkehrsmodell könnten die erwiesenen Wechselwirkungen zwischen Infrastruktur- und Flächennutzungsentwicklung in einem quantitativen Modell berücksichtigt werden (II). Durch die berücksichtigte Rückkopplung würden auch die langfristigen Prognosen des Verkehrsmodells verbessert (III). Dadurch könnten den Entscheidungsträgern fundiertere, quantitative Entscheidungsgrundlagen zur Verfügung gestellt werden. Die besser informierte Entscheidungsfindung stellt also den Hauptnutzen dar.

Ein Blick über die Landesgrenzen hinaus zeigt, dass Flächennutzungsmodelle zunehmend eingesetzt werden. Flächennutzungsmodelle werden in mehreren Ländern auf allen Kontinenten (ausser Afrika) eingesetzt. Es handelt sich dabei vor allem um Anwendungen in stark besiedelten Gebieten. Bis vor kurzem standen dabei Agglomerationen im Vordergrund. In jüngerer Vergangenheit sind aber auch nationale Modelle erstellt worden. Dabei zeigt sich auch, dass Flächennutzungsmodelle zunehmend von Behörden eingesetzt werden. Dies ist im Zusammenhang mit der raschen Entwicklung der Informationstechnologie und den damit einhergehenden Methoden zu sehen. Dadurch sind in den letzten Jahrzehnten grosse Mengen an Daten verfügbar und analysierbar geworden. Flächennutzungsmodelle bieten eine Möglichkeit, den Informationsgehalt der Daten durch deren Zusammenführung noch besser auszunutzen. Die Kosten, wie auch die Nutzen eines Flächennutzungsmodells hängen deshalb stark von den verfügbaren Daten ab. In den USA werden Flächennutzungsmodelle bereits auf Grund von gesetzlichen Vorschriften, welche die umfassende Beurteilung von Infrastrukturprojekten und Politiken verlangen, eingesetzt (siehe Seite 30).

2 Ziele und Vorgehen der Studie

2.1 Ziele

Aus der Problemstellung, wie sie in der Einleitung beschrieben ist, und der Projektskizze ergeben sich die Ziele der vorliegenden Studie. Die Kernfrage ist in der Projektskizze wie folgt formuliert:

Inwiefern kann ein *State of the Art* Flächennutzungsmodell – in Kombination mit dem Nationalen Personenverkehrsmodell NPVM – Entscheidungsgrundlage für raumplanerische Fragestellungen sein – welcher Nutzen kann erwartet werden?

Daraus werden in der Projektskizze die folgenden Ziele für die Konzeptstudie abgeleitet:

1. Überblick über nationale und international vorhandene Flächennutzungsmodelle: Vergleiche bezüglich Aufbau, Funktionsweise und Umfang
2. Überblick über Erfahrungen mit Flächennutzungsmodellen in der Praxis: Möglichkeiten und Limitationen
3. Bewertung vorhandener Modelle: Stärken-Schwächen-Profile, Nutzen und mögliche Risiken für das ARE
4. Anforderungen (Aufwand, Arbeitszeit) bezüglich Aufbau und Erstellung v.a. der Inputdaten und Submodelle (Unterschieden zwischen Minimal-, Maximalvariante)
5. Anforderungen bezüglich Betrieb und Nachführungen: Aufwand bezüglich Arbeitszeit und Kosten
6. Skizze einer möglichen Vorgehensweise: Arbeitsschritte, Meilensteine, und Prioritätensetzung

Ergänzend schlagen die Autoren der Studie vor die Bedürfnisse des ARE besser abzuklären, um daraus die Anforderungen an ein Flächennutzungsmodell abzuleiten.

Das Flächennutzungsmodell soll das bestehende Verkehrsmodell ergänzen. Um dies in idealerweise tun zu können, sollte das Gesamtmodell die Rückkopplung zwischen Verkehrssystem und Flächennutzung berücksichtigen. Die Studie beschränkt sich deshalb auf Flächennutzungsmodelle, welche insbesondere die Rückkopplung zwischen Verkehrssystem und Flächennutzung berücksichtigen.

2.2 Vorgehen

Die Arbeit wurde in sechs Arbeitspakete aufgeteilt, wie sie dem Zeitplan in Tabelle 1 entnommen werden können. Die einzelnen Arbeitspakete und die eingesetzten Methoden sind nachstehend beschrieben.

Tabelle 1 Zeitplanung

Arbeitspaket	Projektmonat						
	1	2	3	4	5	6	7
1 Definition Anforderungen	■						
2 Literaturrecherche		■	■	■			
3 Analyse Datengrundlage		■	■	■			
4 Interviews				■	■	■	
5 SWOT-Analysen		■	■	■	■	■	■
6 Synthesebericht						■	■

Definition der Anforderungen

In einem Workshop werden die Bedürfnisse des ARE erarbeitet. Dazu war es nötig eine gemeinsame Kommunikationsbasis zu schaffen, was mit einem Inputreferat und anschliessenden Diskussionen erreicht wurde. Danach wurden die potentiellen Einsatzbereiche und mögliche Fragestellungen erörtert und Prioritäten festgelegt. Daraus ergaben sich zu einem grossen Teil die Anforderungen (z.B. Massstab, räumliche und zeitliche Auflösung) an das Modell. Weitere Rahmenbedingungen ergaben sich aus der Datengrundlage, weshalb diese parallel zur Literaturrecherche aufgearbeitet wurde. Basierend auf den Anforderungen wurden Eignungskriterien für die Beurteilung der verschiedenen Modelle im Rahmen der Literaturrecherche und der SWOT-Analyse festgelegt.

Literaturrecherche

In einer vertieften Literaturrecherche wurden die Dokumentationen zu den oben benannten Modellen eingängig studiert. Die Modelle wurden anhand der definierten Eignungskriterien charakterisiert und miteinander verglichen. Die drei erfolgversprechendsten Modelle wurden bezüglich der Anforderungen und Rahmenbedingungen eruiert, um sie einer gründlicheren Prüfung zu unterziehen. Dabei sind die Datenanforderungen und der Einsatzzweck von besonderer Bedeutung.

Analyse der Datengrundlage

Datengrundlagen, die für Flächennutzungsmodellierungen benötigt werden, wurden in einer ausführlichen Liste zusammengestellt (Anhang A 1). Diejenigen Datenebenen, die benötigt werden, um die Fragestellungen des ARE zu modellieren, werden im Bericht aufgeführt und beschrieben.

Interviews

Die Interviews wurden anhand eines strukturierten Gesprächsskripts geführt, welches mit einem Fragebogen ergänzt wurde, der den interviewten Personen einige Tage in Voraus zugeschickt wurde. Die Interviewpartner konnten sich damit vorbereiten. Da es sich auch um internationale Kontakte handelt und aus Kostengründen, wurden die Kandidaten telefonisch interviewt.

Es wurden Interviews mit den Entwicklern und Anwendern der ausgewählten Modelle durchgeführt. Es wurde insbesondere auf die Stärken und Schwächen der Modelle im Kontext der Schweiz eingegangen, um das Expertenwissen in die nachfolgende SWOT-Analyse einfließen zu lassen.

SWOT-Analyse

Die drei ausgewählten Modelle wurden einer SWOT-Analyse bezüglich der Anwendung in der Schweiz unterzogen. Dazu werden die Anforderungen des ARE und die Rahmenbedingungen den Stärken und Schwächen gegenübergestellt, um daraus die Chancen und Risiken abzuleiten. Es entstanden Stärken-Schwächen-Profile für die berücksichtigten drei Modelle. Die Analyse wurde in eine Strategie zur Implementierung und Betrieb eines integrierten nationalen Flächennutzungsmodells umgesetzt.

Synthesebericht

Der vorliegende Synthesebericht beschreibt die Arbeiten, legt die Resultate dar und fasst diese in Empfehlungen zusammen.

In den USA sind bereits ähnliche Studien durchgeführt worden (Fehr & Peers, 2007). Das Vorgehen dieser Studie ist mit denjenigen in den USA vergleichbar.

3 Allgemeine Aspekte und Abgrenzung

Um Anforderungen und Eignungskriterien an ein Flächennutzungsmodell formulieren zu können, wird eine gemeinsame Kommunikationsbasis geschaffen, indem allgemeine Aspekte von Flächennutzungsmodellen diskutiert und Begriffe erläutert werden. Dabei wird auf eine Reihe von Publikationen, welche die Literatur zu Flächennutzungsmodellen zusammenfassen zurückgegriffen (Iacono et al., 2008; Hunt et al., 2005; Wegener, 2004; Verburg et al., 2004; Timmermans, 2007; Briassoulis, 2000). Dieser Abschnitt des Berichts orientiert sich an diesen Quellen.

3.1 Allgemeine Aspekte

Zuerst sollen Flächennutzungsmodelle und ihre Aspekte allgemein beschrieben werden. Es wird bewusst auf eine Taxonomie verzichtet, da eine klare Zuordnung auf Grund der vielen Facetten nicht möglich ist. Zur Beschreibung der Modelle werden im Folgenden einige Begriffe diskutiert. Dies soll der Klarheit und Verständlichkeit dienen.

Der allgemeine Begriff des Modells wird häufig verwendet. Grundsätzlich ist ein *Modell* ein vereinfachtes Abbild der Wirklichkeit. Der Mensch ist das Subjekt, welches das Objekt abbildet bzw. modelliert. Zur Modellierung werden unterschiedliche Werkzeuge benützt, wie zum Beispiel die Hände, Stifte oder Sprachen. Dem entsprechend können Modelle in verschiedenen Formulierungen vorliegen, zum Beispiel als Ideen, Konzepte, Theorien, physische Modelle, mathematische Modelle oder Computerprogramme. Mit den genannten Begriffen werden üblicherweise unterschiedlich präzise Formulierungen der Modelle verbunden.

Im allgemein Sprachgebrauch versteht man unter implementieren den Übergang auf ein konkreteres Niveau. Das Modell wird genauer erfasst. In der Informatik bezeichnet die *Implementierung* die Formulierung eines konzeptionellen Modells als Computerprogramm mit einer Programmiersprache auf einem Betriebssystem. In der vorliegenden Arbeit ist mit dem Begriff Modell oft eine allgemeine Implementierung als Softwarepaket gemeint (Abbildung 2). Die Softwarepakete bieten Grundfunktionalitäten an, die weiter konkretisiert werden müssen.

Werden Prozesse abgebildet, braucht es dynamische Modelle, welche wir auch als *Simulationen* bezeichnen. Die Simulation wird hier als Methode zur Evaluation von Politiken benützt. Gilbert und Troitzsch (1999) beschreiben, wie diese Methode arbeitet.

Mikrosimulationen (*microsimulations*) modellieren Populationen von kleinen Einheiten, wie Personen, Haushalte oder Firmen. Sie sind dadurch detaillierter / spezieller formuliert als Makrosimulationen, da sie Unterschiede innerhalb der Populationen explizit berücksichtigen können (Orcutt, 1990). Makroökonomische Simulationen behandeln typischerweise Wirtschaftssektoren. Mikroökonomische Simulationen bilden dagegen das Entscheidungsverhalten einzelner Marktteilnehmer ab. Mikroökonomische Simulationen sind wegen ihren konstruktiven Ansatzes besonders für die Modellierung dynamischer, komplexer Systeme geeignet (Iacono et al., 2008).

Im Planungszyklus werden Modelle vor allem bei der Wirkungsanalyse und der Bewertung eingesetzt. Wir können also zwischen Wirkungsmodellen und Bewertungsvorschriften unterscheiden. Bei der Wirkungsanalyse werden die *Wirkungsmodelle* zur Abschätzung der Wirkungen von angenommen/projektierten Massnahmen eingesetzt. Die geschätzten Wirkungen werden mit Hilfe von *Bewertungsvorschriften* auf Grund der Ziele beurteilt. Bei der Erstellung von Wirkungsmodellen sind die Indikatoren der Bewertungsvorschrift zu berücksichtigen. Beispiele für Wirkungsmodelle in der Raumplanung sind: Regionalentwicklungsmodelle, Bevölkerungsmodelle, Einzelhandelsmodelle, Verkehrs-, Flächennutzungs- und Verkehrsmodelle, Umweltmodelle. Beispiele für Bewertungsvorschriften in der Raumplanung sind: Kosten-Nutzen-Analysen, Nutzwertanalysen.

Wir definieren *Flächennutzungsmodelle* als vereinfachte Abbildung der räumlichen Wirklichkeit zur Wirkungsanalyse von Planungen und Politiken. Der Hauptzweck besteht darin, die Flächennutzung sowohl im Ausmass als auch in ihrer räumlichen Verteilung zu erklären. Es handelt sich dabei eher um Wirkungsmodelle als um Bewertungsvorschriften, auch wenn innerhalb der Flächennutzungsmodelle Bewertungsvorschriften verwendet werden.

Ein Flächennutzungsmodell versucht das urbane System abzubilden. Nach Wegener (1995) umfasst dieses die Teilsysteme Netzwerke, Güter- und Personentransport, Beschäftigung, Bevölkerung, Arbeits- und Wohnorte, Landnutzung sowie die urbane Umwelt. Die 9 Teilsysteme (Punkte) und ihre Beziehungen (Pfeile) sind in Abbildung 1 dargestellt.

In der Abbildung 1 ist auch der Rückkopplungsprozess zwischen Landnutzungs- und Verkehrssystem erkennbar. Die obere Hälfte kann dem Verkehrssystem zugeordnet werden, während die untere Hälfte das Landnutzungssystem repräsentiert. Der Rückkopplungsprozess kann nach Wegener in Teilprozesse aufgliedert werden. Diese Teilprozesse haben unterschiedliche Geschwindigkeiten. Er unterscheidet:

- sehr langsame Prozesse, wie den Bau von Infrastrukturen oder die Veränderung eines Landnutzungsregimes,
- langsame Prozesse, wie der Bau von Gebäuden,

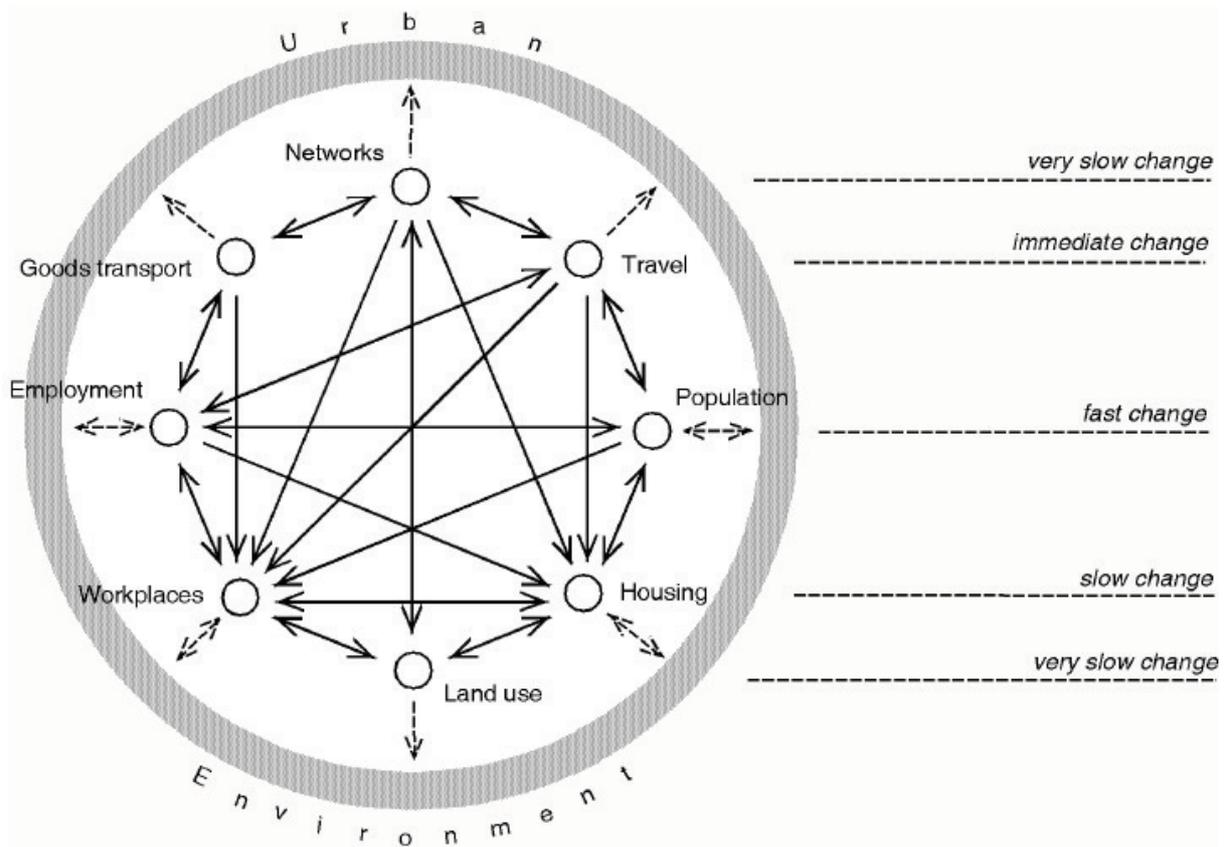
- schnelle Prozesse, wie die Standortwahl von Firmen und Haushalten
- unmittelbar Prozesse, wie der Verkehrsfluss.

Die Beziehungen zwischen den Systemkomponenten definieren Prozesse. Demnach werden Flächennutzungsmodelle zur Simulation von urbanen Entwicklungsprozessen verwendet. Die oben genannten Prozesse spielen sich in den Teilsystemen ab. Die Teilprozesse können in Auswahl-, Umwandlungs- und Politikprozesse unterteilt werden (Wegener, 1995).

Eine Sonderstellung nimmt die urbane Umwelt ein, da sie ein äusserst komplexes Teilsystem ist. Es enthält die nicht-anthropogenen Elemente, welche über biologische und physikalische Wechselwirkungen in Beziehung stehen. Über eben solche sind die anthropogenen Teilsysteme mit der Umwelt verknüpft.

In der Verkehrsmodellierung stand bis an hin eine ökonomische Betrachtungsweise im Vordergrund. Mit der Debatte um den Klimawandel wurde in den letzten beiden Jahrzehnten zunehmend die Forderung gestellt auch ökologische Wirkungszusammenhänge zu integrieren. In den meisten Modellen sind nur Wirkungen (v.a. Landkonsum, Energieverbrauch, CO₂-Emissionen und Luftverschmutzung) der anthropogenen Elemente auf die Umwelt modelliert. Die Rückwirkungen auf das anthropogene System sind (noch) weitgehend unberücksichtigt. Die urbane Umwelt stellt die Grundlage dar, auf welcher die anthropogenen Teilsysteme aufsetzen.

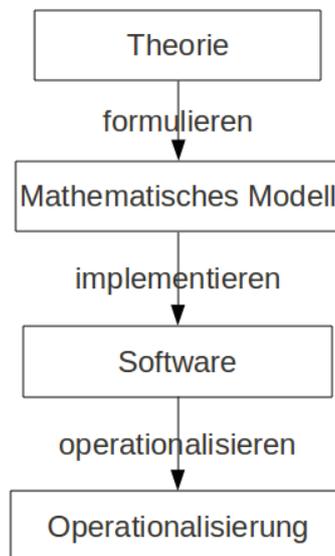
Abbildung 1 Das urbane System mit 9 Teilsystemen



Quelle: Wegener (1995)

Bei Flächennutzungsmodellen sollte zwischen der Software und deren Operationalisierung differenziert werden. Operationalisierte Flächennutzungsmodelle sind für einen spezifischen Raum kalibriert und einsetzbar. Dies im Unterschied zur Software als allgemeine Implementierung (Abbildung 2). Ist eine Software ein oder mehrere Male operationalisiert worden gilt sie als *operational*. Dies entspricht der Verwendung Wegeners (2004), der ein Modell als operational bezeichnet, wenn es für mindestens eine Metropole spezifiziert, kalibriert und für die Analyse einer Politik eingesetzt wurde. Die Operationalisierung alleine ist ein aufwendiges Projekt (Iacono et al., 2008; Gruber et al., 2000).

Abbildung 2 Konkretisierung von Modellen



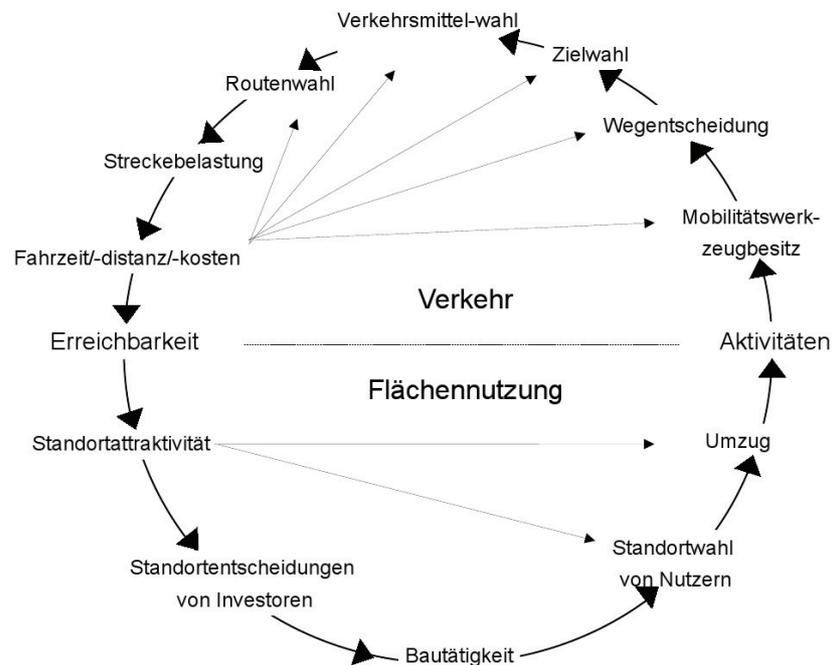
3.2 Abgrenzung

Es kann festgehalten werden, dass in vier Disziplinen (Raumplanung, Ökonomie, Ökologie und Soziologie) Flächennutzungsmodelle erstellt worden sind: Soziologie (z.B. Schelling, 1969), Landschaftsökologie (z.B. Valbuena et al., 2010), Regional-, Stadt-, Agrarökonomie (Briassoulis, 2000), Geographie (Benenson und Torrens, 2004), Raumplanung/Verkehrsplanung (Wegener, 2004). Entsprechend viele Stränge und Modelle gibt es in der unübersichtlichen Literatur.

Um bei der Bewertung dem umfassenden Konzept der Nachhaltigkeit zu entsprechen, wird folgerichtig versucht alle Bereiche der Nachhaltigkeit in Flächennutzungsmodelle zu integrieren. Die Modelle werden immer umfassender, in dem sie verschiedene Entwicklungen unterschiedlicher Disziplinen integrieren.

Der Umfang des Modells ist durch die modellierten Teilsysteme und Teilprozesse gegeben. Der Umfang dient zur Unterscheidung in *Landnutzungs-Transport-Modelle* (LT) und *Landnutzungs-Transport-Umwelt-Modelle* (LTE). LT-Modelle werden auch als LUTI-Modelle bezeichnet (*land-use transport interaction models*). LUTI-Modelle berücksichtigen den Rückkopplungsprozess zwischen Landnutzungs- und Verkehrssystem wie er in Abbildung 3 dargestellt ist.

Abbildung 3 Rückkopplungsprozess zwischen Landnutzungs- und Verkehrssystem



Quelle: Wegener (1995) angepasst

Die hier beschriebenen LUTI-Modelle können als *Land Use Change* (LUC) Modelle bezeichnet werden. Im Unterschied zu *Land Cover Change* (LCC) Modellen, welche die Bodenbedeckung zum Gegenstand haben (Briassoulis, 2000), erklären LUC-Modelle für welchen Zweck ein Stück Land genutzt wird. Spezialfälle von *Land Cover Change* Modellen sind *Urban Growth Models* (UGM), welche nur den Übergang von unbebautem zu bebautem Land modellieren. SLEUTH ist ein Beispiel eines *Urban Growth Models* (Verburg et al., 2004). Die Autoren sind auch der Meinung, dass man in ähnlicher Weise Land- und Flächennutzungsmodelle unterscheiden sollte. Bei Landnutzungsmodellen berücksichtigt man nur die Erdoberfläche, bei Flächennutzungsmodellen werden die Geschossflächen der Gebäude berücksichtigt.

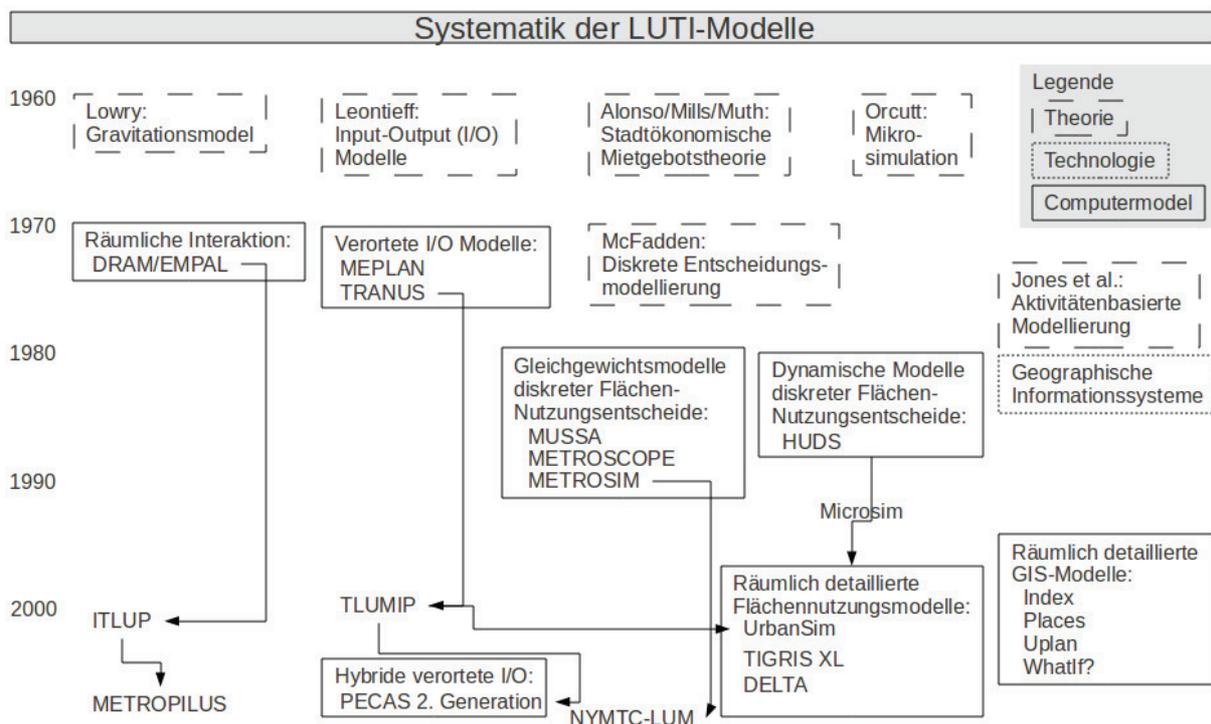
Die Abbildung 4 zeigt eine überarbeitete Systematik von Waddell (2005), welche die Herkunft von Flächennutzungsmodellen zeigt. Die verschiedenen Hintergründe bzw. die Stränge in der Literatur sind klar erkennbar. Auch sind in der Graphik die drei Entwicklungswellen erkennbar, wie sie Iacino, Levinson und El-Geneidy (2008) identifizieren:

1. Welle: Räumliche Interaktionsmodelle und Gravitationsmodelle
2. Welle: Ökonometrische Modelle

3. Welle: Mikrosimulationsmodelle

Die drei Entwicklungswellen wurden jeweils durch theoretische und / oder technologische Entwicklungen angestoßen. Die Entwicklung der Flächennutzungsmodelle erhielt besonders starke Dynamik durch die Kombination von theoretischen Erkenntnissen (Entscheidungsmodellierung), technischer Anwendbarkeit (Mikrosimulation) und gesellschaftlicher Relevanz (Verkehr-Umwelt-Problematik).

Abbildung 4 Systematik von Flächennutzungsmodellen (LUTI)



Quelle: Überarbeitung nach Waddell (2005), 6

Das erste LUTI-Modell wurde von Lowry (1964) auf der Grundlage der Gravitationstheorie implementiert. Diesen ersten, eher physikalischen Modelle wurden in den 70er-Jahren mit ökonomischen Modellen erweitert. Diese Art von Modellen wird heute in der Praxis am häufigsten eingesetzt. Mit der Entwicklung diskreter Entscheidungsmodelle durch McFadden (1974) und die Entwicklung der Informationstechnologie wurden Mikrosimulation sehr attraktiv. HUDS war das erste grossräumige Flächennutzungsmodell, welches Mikrosimulationstechniken verwendete (Wegener, 1995). HUDS folgten weitere, in dem existierende Modelle wie beispielsweise TLUMIP weiter entwickelt wurden. Ein wichtiger theoretischer Hintergrund ist dabei die aktivitätenbasierte Modellierung (Jones et al., 1983), welche aus der Verkehrsmodellierung kommt und sich sehr gut mit der diskreten Entscheidungsmodellierung und der Mikrosimulation vereinen lässt.

Weit entwickelte aktivitätenbasierte Verkehrsmodelle wie ALBATROSS oder MATSim integrieren erste Flächennutzungsaspekte, indem sie die Standortwahl von Firmen für ihre Anlagen modellieren (Arentze und Timmermans, 2007; Ciari et al., 2008b). In beiden Fällen hat man sich zuerst auf die Standortwahl von Detailhändlern konzentriert. Im Falle von MATSim ist zudem die Standortwahl von Car-Sharing Unternehmen skizziert worden (Ciari et al., 2008a).

In der Anwendung von Geographischen Informationssystemen können auch statische Flächennutzungsmodelle erkannt werden. Diese bieten die Möglichkeit zu automatisierten Analysen von Szenarien der Flächennutzungsentwicklung. Die Szenarien bauen dabei auf Expertenmeinungen und Trendberechnungen auf. Die Szenarien werden also exogen vorgegeben und sind statistisch wenig abgestützt.

4 Anforderungen

Die Anforderungen hängen von der Fragestellung und den Rahmenbedingungen ab. Die Fragestellung spielt dabei eine besonders wichtige Rolle. Grundsätzlich braucht es für jede Fragestellung ein separates Modell. Ein Gesamtmodell, welches mehrere Fragestellungen beantworten kann, ist entsprechend umfangreicher mit Teilmodellen ausgestattet.

4.1 Fragestellungen

Im Rahmen eines Workshops mit Mitarbeitern des ARE sind Einsatzbereiche und allgemeine Fragestellungen identifiziert worden, wo ein Flächennutzungsmodell eingesetzt werden könnte.

Gemäss den Aufgabenbereichen des ARE, die sich primär auf der nationalen Ebene befinden, sind die hauptsächlichen Einsatzbereiche für ein Flächennutzungsmodell im nationalen Kontext identifiziert worden. Weil sich das ARE jedoch mit der Prüfung der kantonalen Richtpläne respektive der Agglomerationsprogramme auch mit kantonalen, regionalen oder sogar lokalen Fragestellungen auseinandersetzen muss, sind auch auf dieser räumlichen Ebene Anwendungsbereiche genannt worden. Insbesondere auf der nationalen Ebene sind langfristige zukünftige Massnahmen respektive Planungsinstrumente zu prüfen. Um die Effekte dieser Massnahmen nach deren Fertigstellung oder Umsetzung zu simulieren, wären grosse Simulations- respektive Beobachtungszeiträume von 30 respektive 50 Jahren notwendig. Die möglichen zu beantwortenden Fragestellungen decken den gesamten Bereich der Raumentwicklung ab, insbesondere jedoch die Simulation der Auswirkungen von neuartigen Regulierungen oder Massnahmen.

Der Workshop hat gezeigt, dass die möglichen Anwendungsbereiche oder Fragestellungen umfangreich und breit sind. Die Erwartungen an die Entscheidungsunterstützung durch ein Flächennutzungsmodell sind fast durchwegs sehr hoch.

Die im Rahmen des Workshops identifizierten Einsatzbereiche und Fragestellungen sind in 2 zusammengefasst.

Tabelle 2 Mögliche Einsatzbereiche und Fragestellungen (im Workshop erarbeitet)

Ebene	Zu prüfende Planungsinstrumente / Massnahmen	Zu beantwortende Fragestellungen	Überprüfungssysteme / Indikatoren	Notwendige Modelle	Räumliche Auflösung	Simulationszeitraum	Simulationsschritte
Makro	- Raumkonzept - Sachplan Verkehr - ZEB - Bahn 2030 - Engpassbeseitigung der Nationalstrassen	- Entwicklung Bevölkerungverteilung (Soziodemografisch) - Entwicklung Arbeitsplatzverteilung (Branchen spezifisch) - Entwicklung Verkehrsnachfrage aller Verkehrsträger - Entwicklung Engpässe aller Verkehrsträger - Wird die Zersiedlung gefördert?	- Indikatoren ZINARE - Kriterien NRP	- Energiepreise - Transportkosten - ...	Gemeinde	30 Jahre ¹	5 Jahre
Meso	Richtplan		Indikatoren 3. Generation Richtplanung		Raster (Hektar-raster oder gröber)		

¹ Der Simulationszeitraum ist vom Betrachtungszeitraum zu unterscheiden, dieser sollte 50 Jahre umfassen.

Tabelle 2 Mögliche Einsatzbereiche und Fragestellungen (im Workshop erarbeitet)

Ebene	Zu prüfende Planungsinstrumente / Massnahmen	Zu beantwortende Fragestellungen	Überprüfungssysteme / Indikatoren	Notwendige Modelle	Räumliche Auflösung	Simulations-Zeitraum	Simulations-schritte
Mikro	Agglomerationsprogramme		Kriterien gemäss Prüfberichten Agglomerationsprogramme				
	- Regulierung	- Entwicklung					
	- Zweitwohnungsbau	- Immobilienpreise, Entwicklung					
	- Modellvorhaben	- Nutzungsverteilung, Machbarkeits-abklärung					
	- Projet Urbain	zur Mehrwertabschöpfung					
	- Zonenplan	Beurteilung Standortpotenziale	- Verschiedene Erreichbarkeiten		Parzelle	15 Jahre	2 Jahre
	- Mobilisierung innerer Nutzungsreserven						
	- Zonen mit Mischnutzung						

Die Analyse des Workshops und der Diskussionen ergeben folgende Rahmenbedingungen und Bedürfnisse:

1. Das Flächennutzungsmodell soll Wirkungsanalysen von Infrastrukturmassnahmen, Politiken ermöglichen.
 1. Der Fokus auf der Seite der Indikatoren soll auf der Siedlungsentwicklung liegen. Dazu gehören z. B. Indikatoren bezüglich des Flächenverbrauchs oder der Zersiedlung. Im Falle der Zersiedlung bietet sich der Indikator der effektiven Maschenweite (Jaeger et al., 2010) an.
 2. Das nationale Modell muss keine Standortbeurteilungen von Parzellen unterstützen.
 3. Die ökologischen und sozialen Effekte sind für das ARE im Zusammenhang mit der Flächennutzungsmodellierung nicht im Vordergrund..
2. Das Flächennutzungsmodell soll das Verkehrsmodell des UVEK (VM-UVEK) ergänzen.
 1. Für das nationale Modell soll die räumliche Auflösung kongruent sein mit dem VM-UVEK.
3. Der Aufwand der Datenererschliessung soll minimiert werden.
4. Die Integrationsfähigkeit von regionalen und lokalen Modellen ist gewünscht.
5. Das Modell sollte thematisch erweiterbar sein.
6. Es ist auf die Synergie mit laufenden Projekten in der Schweiz zu achten.
7. Auf der Grundlage der Teilrevision des Raumplanungsgesetzes möchte das ARE einen ersten Schritt zur Erstellung eines Flächennutzungsmodells machen. Zum Beispiel, weil er die Kantone auffordert, den Flächenverbrauch zu berechnen.
8. Neben der Sektion Grundlagen sind innerhalb des ARE auch die Sektionen Planung, Verkehrspolitik, Agglomerationspolitik und Ländliche Räume und Landschaft an einem Flächennutzungsmodell interessiert, woraus sich diverse Einsatzbereiche ergeben. Dies verlangt nach einer Prioritätensetzung.

4.2 Eignungskriterien

Die Kriterien für die SWOT-Analyse werden aus den formulierten Bedürfnissen des ARE und den Rahmenbedingungen abgeleitet. Zu den Rahmenbedingungen gehören insbesondere die Datenlage, die potentiellen Nutzer sowie das verfügbare Know-How. Die Analyse der möglichen Einsatzbereiche / Fragestellungen und die durchgeführte Prioritätensetzung führen zu den Eignungskriterien in Tabelle 3. Die Eignungskriterien werden so weit konkretisiert bis sie auf die Charakterisierung der Modelle anwendbar sind. Wir bezeichnen diese als *operationalisierte Eignungskriterien*. Die Bedürfnisse bzw. Eignungskriterien werden auf Zielkonflikte hin überprüft.

Tabelle 3 Eignungskriterien

Bereich	Unterbereich	Eignungskriterium	Priorisierung
Thematik	Verkehr: Input	Integration Verkehrslenkungsmaßnahmen wie Mobility Pricing	Soll
		Integration Daten VM-UVEK	Muss
	Raumplanung Input:	Modellierung der Belastungen auf dem Verkehrsnetz (inkl. Güterverkehr)	Soll
		Integration Zonenplan (Fläche)	Soll
		Integration Ausnutzungsziffern (Geschossflächen)	Soll
	Raumplanung: Output	Modellierung von Effekten der inneren Verdichtung	Soll
		Modellierung des Flächenkonsums	Soll
		Modellierung der Siedlungsmuster (Gebäudetypen)	Soll
		Regionalisierung Bevölkerungsprognosen	Soll
		Modellierung Wohnen	Soll
		Modellierung Beschäftigung	Soll
		Modellierung Arbeitsplätze	Soll
Erweiterbarkeit	Möglichkeit der Erweiterbarkeit um andere Themenbereiche	Soll	
	Möglichkeit der Modellierung ökonomischer Effekte	Kann	
	Möglichkeit der Modellierung ökologische Effekte	Kann	
Räumlich	Möglichkeit der Modellierung soziologische Effekte	Kann	
	Durchführung gesamtschweizerischer Analysen	Muss	

Tabelle 3 Eignungskriterien

Bereich	Unterbereich	Eignungskriterium	Priorisierung
Synergieen	Forschung	Verwendung derselben Zonierung wie VM-UVEK oder konsistente Verfeinerungen	Muss
	Anwendung	Verwendung in anderen Forschungsprogrammen Operative Verwendung in der Schweiz oder in Verwaltungen im Ausland	Soll Soll
Datenverfügbarkeit		Grundsätzliche Verfügbarkeit von Daten für die entsprechenden Modelle	Muss
Praxistauglichkeit	Akzeptanz	Einschätzung der Wichtigkeit von quantitativen Analysen durch die Anwender	Soll
	Effektivität	Fähigkeit des operationalisierten Modells die gewünschten Indikatoren zu berechnen	Soll
Anschlussfähigkeit		Möglichkeit der räumlichen Verfeinerung (Raster, Parzellen)	Muss
		Möglichkeit der Verwendung eines regionalen Verkehrsmodells	Muss
Ressourcenaufwand		Kosten Beschaffung und Betrieb Software	Soll
		Kosten Beschaffung und Betrieb Hardware	Soll
		Personeller und finanzieller Aufwand für die Datenbeschaffung und –Aufbereitung	Soll
		Personen und finanzieller Aufwand für die Ausbildung, den Aufbau und den Betrieb	Soll

5 Flächennutzungsmodelle

Im Folgenden werden nur LUTI-Modelle (siehe Seite 9 für Abgrenzung) betrachtet. Die Einschränkung erfolgt auf Grund der Zielsetzung (Seite 2) und Rahmenbedingungen (Seite 13).

5.1 Unterscheidungskriterien

Die meisten Artikel, welche Flächennutzungsmodelle besprechen, entscheiden sich dafür 3-6 Modelle genauer zu betrachten und zu vergleichen. Einige Autoren nehmen eine Kategorisierung vor, andere beschreiben nur die Eigenschaften ausgewählter Modelle. Die meisten nehmen schon zu Beginn eine Abgrenzung vor und beschränken sich dadurch auf eine Gruppe von Modellen.

Die zunehmende Integration verschiedener Theorien, Modellierungstechniken, Systemkomponenten und die angestrebte Flexibilität der Modelle lässt eine Kategorisierung wenig sinnvoll erscheinen. Um die Unterschiede aufzeigen zu können, werden im Folgenden Unterscheidungskriterien beschrieben, welche in der Literatur zur Beschreibung von LUTI-Modellen herangezogen wurden. Die Kriterien wurden ergänzt, um die Beschreibung zu vervollständigen. Es wurde auch versucht die Kriterien in Bereiche zu ordnen. Die folgende Liste gibt einen Überblick:

- Umfang
 - Modellierte Subsysteme (Inhaltlicher Umfang)
 - Raumtyp der Konzeption (Räumlicher Umfang)
- Auflösung
 - Kleinste Raumeinheit (Räumliche Auflösung)
 - Zeitperiode (Zeitliche Auflösung)
- Theoretische Fundierung
 - Gleichgewichtstyp
 - Dynamik
 - Gleichgewichtsmechanismus im Flächennutzungsmarkt
 - Lokalisierung von Aktivitäten
- Modellierungstechnik
 - Abbildung Raum-Zeit
 - Verbindung Landnutzung / Verkehr

- Enthaltene Verkehrsmodell
- Weitere Kriterien
 - Zweck
 - Struktur
 - Aggregation
 - Modellierungskonzept
 - Kalibrierung
 - Datenanforderungen
 - Verwendungshäufigkeit
 - Anwendungsgebiete
 - Nutzungsrechtlicher Status

5.1.1 Umfang

Modellierte Subsysteme

Die Modelle weisen in der inhaltlichen Auflösung des abzubilden Systems Unterschiede auf. Dies betrifft einerseits die Objekte und andererseits die Prozesse. Es stellt sich hier die Frage wie viele der neun Subsysteme des konzeptionellen Modells Wegeners (Abbildung 1) berücksichtigt werden.

Im Weiteren kann betrachtet werden wie detailliert die Subsysteme modelliert sind. Bei Mikrosimulationen können unterschiedlich viele Agententypen vorhanden sein, während bei aggregierten Modellen die Aufgliederung der Märkte in Sektoren stark variiert. Diese Detaillierung wird aber erst während der Operationalisierung der Modelle vorgenommen.

Raumtyp der Konzeption

Die meisten Modelle wurden für einen bestimmten Raumtyp konzipiert. Die folgenden Raumtypen können dabei unterschieden werden: Regional (Agglomerationen), interregional, national, global. Die Raumtypen der Konzeption beinhaltet einerseits den Aspekt der Mono- bzw. Polyzentralität und andererseits den Aspekt der Ausdehnung. Idealerweise entspricht der Raumtyp der Konzeption demjenigen des Anwendungsgebietes.

5.1.2 Auflösung

Kleinste Raumeinheit

Die kleinste Raumeinheit stellt die räumlich höchste Auflösungsfähigkeit des Flächennutzungsmodells dar. Die Flächennutzungsmodelle verwenden üblicherweise Rasterzellen, Zonen oder Parzellen. Während sich die letzteren vor allem durch ihre Grösse und rechtlichen Status unterscheiden, haben Rasterzellen einheitliche geometrische Eigenschaften. Diese Auflösungen haben Vor- und Nachteile, die bezüglich der betrachteten Fragestellung gegeneinander abgewogen werden müssen. Wenn mit gleichförmigen Rasterzellen gearbeitet wird, spricht man auch von zellulären Automaten (*cellular automata*, CA).

Zeitperiode

Die Zeitperiode bezieht sich auf den simulierten Zeitschritt. Üblicherweise wird als Zeitperiode ein Jahr verwendet. Es gibt aber Flächennutzungsmodelle, die eine gröbere Auflösung von 5 Jahren haben. Mit dieser zeitlichen Auflösung werden die Szenarien fortgeschrieben. Dies heisst nicht, dass alle Prozesse mit derselben Zeitperiode fortgeschrieben werden. Es wird aber für dieses Intervall jeweils eine Zwischenspeicherung vorgenommen.

5.1.3 Theoretische Fundierung

Die theoretische Grundlage für alle aktuellen Flächennutzungsmodelle ist die Theorie der diskreten Entscheidungsmodellierung (Domencich und McFadden, 1975). Mit ihr werden grundsätzlich Märkte abgebildet. Bei Flächennutzungsmodellen handelt es sich um den Verkehrs-, Arbeits- und Wohnungsmarkt.

Gleichgewichtstyp

Es gibt Flächennutzungsmodelle, die ein *generelles* Gleichgewicht berechnen und solche, die *partielle* Gleichgewichte berechnen. Beim generellen Gleichgewicht wird dieses über alle Teilmärkte gesucht. Werden partielle Gleichgewichte gesucht müssen die Teilmärkte untereinander nicht im Gleichgewicht stehen. Es kann auch nur das Gleichgewicht für einen Markt (z.B. den Verkehrsmarkt im Verkehrsmodell) gesucht werden.

Dynamik

Bezüglich der Dynamik der Märkte gibt es die Flächennutzungsmodelle, welche keine Anpassungszeit bei einer Marktveränderung annehmen (*ausgleichend*) und diejenigen die eine Verzögerung berücksichtigen (*dynamisch*, quasi-dynamisch).

Gleichgewichtsmechanismus im Flächennutzungsmarkt

Der Flächennutzungsmarkt wird entweder mit der *bid-rent*-Theorie (Alonso, 1964) abgebildet oder es wird die stochastische Nutzenmaximierung (*random utility maximisation*, RUM) angewendet. Bei der *bid-rent*-Theorie wird früher oder später (siehe Seite 23) ein Marktgleichgewicht erreicht und somit die Preise für die Flächennutzung endogen bestimmt. Bei der stochastischen Nutzenmaximierung wird diejenige Nutzung zugewiesen, welche den höchsten Nutzen erreicht. Die Preise werden bei der stochastischen Nutzenmaximierung über eine exogene hedonische Regressionsgleichung bestimmt.

Lokalisierung von Aktivitäten

Um die Aktivitäten zu lokalisieren, werden zwei Konzepte angewendet: die *Theorie des stochastischen Nutzens* und die *Profitabilität*. Es wird zunehmend die Theorie des stochastischen Nutzens verwendet. Dabei wird den Alternativen, welche in einer Entscheidungssituation zur Verfügung steht, ein Nutzen zugewiesen. Dieser Nutzen setzt sich aus einem berechenbaren Teil und einer Zufallskomponente zusammen. Aus den berechenbaren Nutzenkomponenten der verfügbaren Alternativen ergibt sich die Auswahlwahrscheinlichkeit einer Alternative.

Modellierungskonzept

Beim Modellierungskonzept werden *räumliche Input-Output-Modelle* (I/O-Modelle) von *Multi-Agent-Systemen* unterschieden (MAS). Werden das I/O- und das MAS-Konzept kombiniert, wird das Modell als *hybrid* bezeichnet. Die I/O-Modelle werden auch als zelluläre Automaten bezeichnet, wobei oft von regelmässigen Rasterzellen ausgegangen wird. Die Zellen spannen auf jeden Fall den Raum auf und sind nicht mobil. Im Gegensatz dazu stehen die Agenten (modellierten Einheiten in MAS), welche die folgenden Eigenschaften haben: Sie nehmen die Umwelt wahr, treffen autonom Entscheidungen, verändern durch ihr Verhalten ihre Umwelt und sind mobil. Hybride werden auch als *geographic automata systems* (GAS) oder *free agents in cellular space* (FACS) bezeichnet.

5.1.4 Modellierungstechnik

Abbildung Raum-Zeit

Es werden *rekursive* und *statische* Flächennutzungsmodelle unterschieden. Die rekursiven berechnen eine Sequenz von Zeitschritten und repräsentieren so explizit die Entwicklung mit der Zeit. Bei statischen Flächennutzungsmodellen wird nur ein Zeitpunkt berechnet.

Verbindung Landnutzung / Verkehr

Die Verbindung zwischen den Teilmodellen der Landnutzung und des Verkehrs kann *verbunden* oder *integriert* sein. Bei verbundenen Teilmodellen wird die Verkehrsverteilung dem Verkehrsmodell überlassen. Integrierte Modelle übernehmen die Verteilung der Verkehrsströme selber, meist durch das angewandte einheitliche Prinzip (siehe Seite 25). Bei verbundenen Teilmodellen ist die Schnittstelle meist die Erreichbarkeit (Wegener, 2004).

Enthaltenes Verkehrsmodell

Ist ein Verkehrsmodell enthalten, so sind es nach dem Kenntnisstand der Autoren aggregierte Modelle (*Mehrwegumlegungen*). Gerade bei hoch aufgelösten Modellen wären aber auch *Mikrosimulationen* wie MATSim denkbar.

5.1.5 Weitere Kriterien

Zweck

Jedes Modell wird für einen bestimmten Zweck erstellt. Der Zweck bestimmt folglich zu einem erheblichen Teil das Modell. Der Zweck ist meist die Beantwortung einer Fragestellung. Genauso zahlreich wie die Fragestellungen sind dementsprechend auch die Modelle. Es kann die Haltung vertreten werden, dass jede Fragestellung ein eigenes Modell benötigt. Es kann aber auch festgehalten werden, dass es Gruppen von Fragestellungen gibt, welche ähnliche Modelle zur Beantwortung voraussetzen.

Die betrachteten Flächennutzungsmodelle können im Planungszyklus der Phase der Wirkungsanalyse zugeordnet werden. Es handelt sich also um *Wirkungsmodelle*, welche zur Abschätzung der Wirkungen von Massnahmen eingesetzt werden. Im Kontext der Verkehrs- und Raumplanung kann sich bei den Massnahmen beispielsweise um Strassenbauprojekte oder Politiken handeln. Im Ge-

gensatz dazu werden in der Phase der Bewertung respektive der Entscheidung *Bewertungsvorschriften* respektive *Entscheidungskriterien* eingesetzt.

Struktur

Bezüglich der Struktur der Flächennutzungsmodelle können *einheitliche (unified)* und *zusammengesetzte (composite)* unterschieden werden. Bei einheitlichen Modellen wird für alle Subsysteme das gleiche Modellierungsprinzip verwendet, welches die Teilmodelle verbindet. Die zusammengesetzten Modelle definieren Schnittstellen für die Teilmodelle, was die Verwendung von verschiedenen Modellierungsprinzipien in den Teilmodellen erlaubt. Die zusammengesetzten Modelle können deshalb als flexibler betrachtet werden. Zudem wird dadurch die Erweiterbarkeit erleichtert.

Aggregation

Es werden aggregierte und disaggregierte Flächennutzungsmodelle unterscheiden, weshalb auch von Makro- respektive Mikrosimulation gesprochen wird. Bei *disaggregierten* Modellen wird versucht die kleinst möglichen Einheiten (z.B. Parzellen, Bewohner) zu modellieren, während bei *aggregierten* Modellen Aggregate (z.B. Gemeinden, Bevölkerungsgruppen) modelliert werden.

Kalibrierung

Die Kalibrierung kann *statistisch* oder *informell* erfolgen. Bei der Kalibrierung mit statistischen Methoden geht es darum die Parameter zu schätzen und deren Signifikanz zu bestimmen. Es kann auch die Modellgüte bestimmt werden. Bei der informellen Kalibrierung werden zur Bestimmung der Parameter Expertenmeinungen benützt.

Des weiteren gibt es Modelle, welche integrierte Modellschätzungen (Gesamtmodell) erlauben (Waddell, 2010). Bei den anderen Modellen werden die Teilmodelle einzeln kalibriert.

Datenanforderungen

Grundsätzlich sind Daten zur Beschreibung der Teilmodelle notwendig. Dies bedeutet in den meisten Fällen ein Datenbedürfnis zu den Bereichen Bevölkerung, Wohnungen, Arbeitsplätze und Landnutzungsregulierungen besteht. Die benötigten, hoch aufgelösten Daten stellen besondere Anforderungen an den Datenschutz.

Verwendungshäufigkeit

Nicht alle Modelle werden gleich oft benützt. Einige Modelle sind nur einmal operationalisiert worden und sind dem entsprechend der Forschung zuzuordnen. Andere Modelle wurden mehrmals im gleichen Land oder einer Region operationalisiert (DELTA, PECAS). Bei MEPLAN, TRANUS und UrbanSim werden weltweit angewendet.

Anwendungsgebiete

Die Anwendungsgebiete sind weltweit verteilt. Es kann festgehalten werden, dass sich stark besiedelte, generell weit entwickelte und dem entsprechend wohlhabende Gebiete Flächennutzungsmodelle leisten können. Die Anwendungsgebiete geben Hinweise auf die Umständlichkeit einer Operationalisierung in der Schweiz, da die regionalen Unterschiede eine gewichtige Rolle spielen können.

Nutzungsrechtlicher Status

Bezüglich des nutzungsrechtlichen Status können *kommerzielle* und *nicht-kommerzielle* Produkte unterschieden werden. Zu den nicht-kommerziellen Produkten gehören insbesondere open source Programme, was die Transparenz erhöht.

5.2 Übersicht über operationale Flächennutzungsmodelle

Die folgende Liste gibt einen Überblick über operationale LUTI-Modelle. Diese Liste ist nicht vollständig, auch wenn ein grosser Teil der vorhandenen Modelle genannt wird. Als Referenzen sind die wichtigsten Publikationen gegeben. Zu jedem Modell sind weitere Dokumente verfügbar, welche aber Teilmodelle oder frühere Modellversionen beschreiben.

1. BOYCE (Boyce und Zhang, 1997)
2. CUFM (Landis und Zhang, 1998a, 1998b)
3. DELTA (Bosredon et al., 2009; Simmonds und Feldman, 2005; Simmonds, 1999; David Simmonds Consultancy Limited, 2010)
4. ILUMASS (Moeckel et al., 2006; Beckmann et al., 2007; Wagner und Wegener, 2007; Moeckel, 2009; Spiekermann & Wegener Urban and Regional Research, 2009)
5. ILUTE (Salvini und Miller, 2005; Miller et al., 2010; Miller, 2009)

6. IMREL (Anderstig und Mattsson, 1991)
7. KIM (Rho und Kim, 1989)
8. LILT (Mackett, 1991)
9. MEPLAN (Abraham und Ortuzar, 1999)
10. METROPILUS (Lee et al., 2005; Putman, 1996)
11. METROSCOPE (Metro Regional Government, 2010)
12. MUSSA (Martínez und Henríquez, 2007; Martínez, 2000, 2007)
13. NYMTC-LUM (Anas, 2002)
14. PECAS (Hunt und Abraham, 2003; Abraham und Hunt, 2007; Abraham et al., 2005)
15. POLIS (Caindec und Prastacos, 1995)
16. PUMA (Ettema et al., 2007)
17. RURBAN (Miyamoto et al., 1996)
18. STASA (Haag, 1990)
19. TIGRIS XL (Zondag, 2007)
20. TLUMIP (Weidner et al., 2007; Parson Brinckerhoff Inc., 2008)
21. TRANUS (MODELISTICA, 2009)
22. TRESIS (Hensher und Ton, 2002)
23. Urbansim (Waddell, 2002; UrbanSimProjekt, 2007; Waddell et al., 2008, 2003, 1998)

In den meisten Fällen sind die Modelle an wissenschaftlichen Institutionen entwickelt worden. Eine Fallstudie für eine spezifische Region ist dabei Standard. Die Implementierung und die Operationalisierung sind dennoch nicht zu verwechseln (siehe Seite 9). Die Zusammenarbeit mit den Behörden stösst dabei meist auf gegenseitiges Interesse. Die Behörden spielen auch für die Bereitstellung der notwendigen Daten eine wichtige Rolle (Förster, 2009).

In der folgenden Tabelle wird eine Auswahl von acht prominenten Modellen charakterisiert. Es wurden einerseits Modelle berücksichtigt, welche eine weite Verbreitung finden (DELTA, MEPLAN, PECAS, TRANUS) und andererseits, ob es sich um Mikro- oder Makromodelle handelt. Die Idee dabei ist sowohl die bewährten als auch die jüngere Generation an Flächennutzungsmodellen zu berücksichtigen. Die Mikromodelle stellen die jüngeren Entwicklungen dar, welche noch nicht gleichermassen erprobt sind, jedoch zukunftssträftig erscheinen.

Tabelle 4 Charakterisierung acht ausgewählter LUTI-Modelle

Modell name	DELTA	TIGRIS XL	UrbanSim	ILLUTE	MEPLAN	PECAS	TRANUS	ILUMASS (IRPUD)
Umfang	5	5	5	5	8	8	8	8
Netzwerk	exogen	exogen	exogen	exogen	ja	ja	ja	ja
Flächennutzung	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Arbeitsplätze	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Wohnnutzung	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Beschäftigung	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Bevölkerung	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Güter	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja
Verkehr	exogen	exogen	exogen	exogen	ja	ja	ja	ja
Unweltnodal	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Raumtyp der Konzeption	interregional	regional	regional	regional	interregional	interregional, National	interregional, National	regional
Kleinste Raumeinheit	Zonen	Zonen	Zonen, Rasterzellen, Parzellen	Zonen und Rasterzellen	Zonen	Parzellen	Zonen	Rasterzellen
Zeitperiode	ein Jahr	ein Jahr	ein Jahr	flexibel, Monate für einige Prozesse	flexibel (1 Jahr empfohlen)	flexibel	flexibel	ein Jahr
Gleichgewichtstyp	partiell	partiell	partiell	partiell	partiell	partiell	partiell	keines
Dynamik	ausgleichend	dynamisch	dynamisch	dynamisch	ausgleichend	ausgleichend	ausgleichend	dynamisch
Gleichgewichtsmechanismus im Flächennutzungsmarkt	Bid rent	RUM	RUM	RUM	Bid rent	Bid rent	Bid rent	RUM
Lokalisierung von Aktivitäten	Profitabilität	stochastischer Nutzen	stochastischer Nutzen	stochastischer Nutzen	stochastischer Nutzen	stochastischer Nutzen	Profitabilität	stochastischer Nutzen
Abbildung Raum-Zeit	rekursiv	rekursiv	rekursiv	rekursiv	rekursiv	rekursiv	rekursiv	rekursiv
Verbindung Landnutzung/Transport	verbunden	verbunden	verbunden	verbunden	integriert	integriert	integriert	integriert
Enthaltenes Verkehrsmodell	keines	keines	keines	keines	Mehrwegumlegung	Mehrwegumlegung	Mehrwegumlegung	Mikrosimulation
Zweck	Erweiterung Highway Netz, Testen von demographischen und ökonomischen Szenarien	Erweiterung von Analyse und Planung urbaner Entwicklung	Unterstützung von Analyse und Planung urbaner Entwicklung	Landnutzung, Aktivitäten und Demographie, Emissionen und Energiekonsum	Erweiterung Highway Netz, Testen von demographischen und ökonomischen Szenarien	Erweiterung Highway Netz, Testen von demographischen und ökonomischen Szenarien	Erweiterung von Wirtschaftspolitiken auf Städte und urbane Regionen.	Beurteilung von Flächennutzungs- und Verkehrspolitiken
Struktur	zusammengesetzt	zusammengesetzt	zusammengesetzt	zusammengesetzt	einheitlich	einheitlich	einheitlich	zusammengesetzt
Aggregation	aggregiert	aggregiert	mikro	mikro	aggregiert	aggregiert	aggregiert	mikro
Modellierungskonzept	I/O	Hybrid	Hybrid	Hybrid	I/O	I/O	I/O	Hybrid
Kalibrierung	informell	statistisch	statistisch	statistisch	informell	statistisch und informell	informell	statistisch
Kalibrierung II	Teilmodell	Gesamtmittel	Teilmodell	Teilmodell	Teilmodell	Teilmodell	Teilmodell	Teilmodell
Weitere Kriterien	Bev. (Geburts- und Todesraten, int. Migration, Personen, Haushalte, Altersstruktur), Ökonomische Daten (Haushaltseinkommen, Kleinräumige Zensus Statistiken, demographische und ökonomische Szenarien, verfügbares Bauland, erlaubte Landentwicklungen	Testen von Verkehrsmaßnahmen und Auswirkungen in der Flächennutzung und Umwelt	Regionale Kontrolldaten, Parzellendaten, Leerstände, Firmen, Haushalte, Migrationen, Landnutzungspläne, Steuern (für Hausbau)	Bevölkerung (zur Erzeugung einer synthetischen Population), Umzüge, Makroökonomie, Auto Bevölkerungsdichten, Transaktionen	Import- und Exportmengen von Gütern, räumliche Verteilung von Arbeitsplätzen je Sektor, Beschäftigte pro Sektor, pro Haushaltstyp, Fahrlängenvorteilung für Waren, Preise und räumliche Marktreduktionen (Bauland), Vanatation	Import- und Exportmengen von Gütern, räumliche Verteilung von Arbeitsplätzen je Sektor, Beschäftigte pro Sektor, pro Haushaltstyp, Fahrlängenvorteilung für Waren, Preise und räumliche Marktreduktionen (Bauland), Vanatation	Import- und Exportmengen von Gütern, räumliche Verteilung von Arbeitsplätzen je Sektor, Beschäftigte pro Sektor, pro Haushaltstyp, Fahrlängenvorteilung für Waren, Preise und räumliche Marktreduktionen (Bauland), Vanatation	Import- und Exportmengen von Gütern, räumliche Verteilung von Arbeitsplätzen je Sektor, Beschäftigte pro Sektor, pro Haushaltstyp, Fahrlängenvorteilung für Waren, Preise und räumliche Marktreduktionen (Bauland), Vanatation
Datenanforderungen	mehrmals	mehrmals	mehrmals	mehrmals	mehrmals	mehrmals	mehrmals	mehrmals
Verwendungshäufigkeit	Schottland, England (Edinburgh, Manchester), Auckland (Australien)	Holland	Kanada (Toronto)	USA (Sacramento)	USA (California, Ohio, Oregon, Sacramento); Kanada (Calgary and Edmonton)	USA (California, Ohio, Oregon, Sacramento); Kanada (Calgary and Edmonton)	USA (California, Ohio, Oregon, Sacramento); Kanada (Calgary and Edmonton)	USA (California, Ohio, Oregon, Sacramento); Kanada (Calgary and Edmonton)
Anwendungsgebiete	Kommerziel	Kommerziel	Nicht-kommerziel	Kommerziel	Kommerziel	Kommerziel	Nicht-kommerziel	Nicht-kommerziel
Nutzungsrechtlicher Status	Kommerziel	Kommerziel	Nicht-kommerziel	Kommerziel	Kommerziel	Kommerziel	Nicht-kommerziel	Nicht-kommerziel

Für eine Auswahl an Modellen wird im folgenden eine Operationalisierung vorgestellt. Es werden die Operationalisierungen gewählt, um auf Erfahrungen einzugehen und um ein konkreteres Bild geben zu können. Die Informationen sind der Literatur entnommen.

5.3 Erfahrungen mit Flächennutzungsmodellen

5.3.1 Operationale Modelle in den USA

Wir bezeichnen Anwendungen von den oben beschriebenen Modellen für einen spezifischen Ort als operationalisierte Modelle. In den USA werden Flächennutzungsmodell am häufigsten eingesetzt, weil der *Clean Air Act Amendments* und *Intermodal Surface Transportation Efficiency Act* diese verlangen (TMIP, 1998). Die hat dazu geführt, dass in den USA viele *metropolitan planing organizations* (MPOs) integrierte Flächennutzungs- und Verkehrsmodelle einsetzen. Diesbezüglich sind in den USA bereits drei Umfragen durchgeführt worden (TMIP, 1998; Lee, 2009) deren Ergebnisse in Tabelle 5 zusammengefasst sind.

Tabelle 5 Entwicklung des Einsatzes von Flächennutzungsmodellen in den USA

	1990		1999		2009	
	[-]	[%]	[-]	%	[-]	%
Anzahl Befragte	22		35		201	
Anzahl Antworten	19	86	35	100	146	73
Statische Flächennutzungsdaten	12	63	3	9	78	53
Quantitative Flächennutzungsentwicklung	7	37	32	91	68	47
Davon DRAM-EMPAL	5	71	11	34	4	6
Davon andere	2	29	12	38	58	85
Qualitativ			9	28	6	9

Quellen: Engelke, 1998; Lee, 2009

Es ist ersichtlich, dass die Anzahl der MPOs, welche quantitative Modelle verwenden stetig zugenommen hat. Die Abnahme im prozentualen Anteil ist im Zusammenhang mit der rund 6 mal grösseren Stichprobe zu sehen. Als ein Ergebnis der Umfrage wird festgehalten, dass v.a. grosse MPOs in der Lage sind quantitative Modell zu betreiben. Da die grössten MPOs immer befragt wurden, ist

anzunehmen, dass in der grösseren Stichprobe viel mehr kleine MPOs vertreten sind und folglich der prozentuale Anteil abnimmt.

5.3.2 Operationalisierte Modelle für ganze europäische Länder

TELMoS

Die folgenden Informationen sind der Arbeit von Bosredon et al. (2009) und der sehr informativen Projektwebseite² entnommen. Weitere Dokumente zu DELTA finden sich auf der Webseite von David Simmonds Consultancy³.

TELMoS ist eine Operationalisierung von DELTA für ganz Schottland. Der Zweck des Modells liegt in der besseren Information grösserer politischer Entscheidungen, welche im Zusammenhang von Landnutzungsplanung und Verkehr getroffen werden müssen. Dazu wurde die Fähigkeit von DELTA ausgenützt mehrere urbane Regionen in einem Gebiet zu berücksichtigen. Da DELTA keine eigenes Verkehrsmodell enthält, wurde das nationale Verkehrsmodell von Schottland (TMfS) verwendet, welches eine Anwendung der Software *Voyager* ist. TELMoS in Kombination mit TMfS ist folglich ein LUTI-Modell für Schottland. Es wird als LATIS bezeichnet.

Das Flächennutzungsmodell übergibt dem Verkehrsmodell Informationen zu möglichen Orten für bestimmte Aktivitäten wie beispielsweise wohnen, einkaufen, arbeiten oder industrielles produzieren. Diese Informationen zu möglichen Orten für eine bestimmte Aktivität verwendet das Verkehrsmodell um Quellen und Ziele von Wegen zu bestimmen. Das Verkehrsmodell übergibt dem Flächennutzungsmodell Erreichbarkeitsinformationen zu den betreffenden Orten. Aus der Erreichbarkeitsinformation und weiteren Informationen, wie Mietpreisen oder verfügbare Geschossflächen, werden wiederum die Standortentscheidungen der Aktivitäten abgeleitet.

Der Hauptzweck von TELMoS ist die fundiertere Abschätzung der Veränderungen der Verkehrsbelastungen über einen längerfristigen Zeitraum. Im vorliegenden Fall wird eine Zeitperiode von 30 Jahren simuliert. Es werden mögliche Zustände der Raumstruktur vom Jahr 2001 bis 2031 berechnet. Zentral ist dabei die Berücksichtigung von zukünftigen Relokalisierungen der Aktivitäten. Einen grossen Einfluss darauf haben bauliche Entwicklungen, welche ebenfalls modelliert werden.

² <http://www.latis.org.uk>

³ <http://www.davidsimmonds.com>

TELMoS ist ein strategisches Modell, weshalb es mit relativ grossen Zonen arbeitet. Insgesamt sind 720 Zonen vorhanden, welche 50 Regionen zugeordnet sind. 712 Zonen decken ganz Schottland ab, während weitere 8 Zonen externe Gebiete repräsentieren.

Die Bevölkerung ist in 20 Haushaltskategorien differenziert. Es sind auch vier Kategorien von Personen vorhanden. Diese gehören keinem Haushalt an. Die Beschäftigung wird in 27 Kategorien unterteilt.

In den Anwendungen des operationalisierten Modells werden die Wirkungen von verschiedenen Szenarios (Annahmen) in den Bereichen Demographie, Volkswirtschaft, Flächennutzungsplanung und Verkehrsinfrastrukturplanung untersucht. Die Szenarien werden von den spezialisierten Ämtern übernommen. Die Leistung von TELMoS besteht anschliessend darin, die einzelnen Szenarien zusammenzuführen und anhand der 712 Zonen zu verorten, so dass eine konsistente Gesamtentwicklung abgebildet wird. Als wichtigste Resultate werden Bevölkerungsveränderungen der Zonen, Veränderung der Erreichbarkeit der Zonen, Entwicklung der Arbeitsplätze und der Mietpreise erhalten.

TIGRIS XL

Eine erste Version von TIGRIS (*Transport Infrastructure - Land Use Interaction Simulation*) wurde im Rahmen des Projektes STRUWIN entwickelt, um die Strukturierungseffekte von Infrastrukturen zu untersuchen. Dieses Modell wurde ab 1990 vom Verkehrsforschungszentrum (*Transport Research Centre*) des Verkehrsministeriums (*Ministry of Transport, Public Works and Watermanagement*) entwickelt. Der Prototyp stand ab 1997 zur Verfügung. Diese erste Version ist nicht mit Daten kalibriert. Es wurden die Zusammenhänge zwischen Landnutzung und Verkehr von Experten identifiziert und in Formeln gefasst. Bereits die erste Version von TIGRIS deckt das ganze Staatsgebiet Hollands in 345 Zonen ab.

Mit TIGRIS sind nationale und regionale Studien möglich, jedoch mit beschränktem Detaillierungsgrad. Das Modell wurde in vier grösseren Fallbeispielen eingesetzt. Für jedes Beispiel wurde das Modell erweitert und verbessert. Die Fallbeispiele beschränkten sich jeweils auf eine Region. In zwei Fällen wurde primär der Einfluss der Infrastruktur auf die Landnutzung untersucht, während in den beiden anderen Fällen nach einer optimalen Urbanisierung gesucht wurde. Dabei werden jeweils verschiedene Szenarien, welche sich durch die Annahme von verschiedenen Politiken und Infrastrukturprojekten unterscheiden, miteinander verglichen. Eine Evaluation hatte ergeben, dass die erste Version vor allem ökonomische Fragestellungen – z.B. bezüglich Mautgebühren – nicht beantworten kann und damit den aktuellen Kundenwünschen nicht ausreichend gerecht wird. Dies führte zur Entwicklung von TIGRIS XL (Schoemakers und van der Hoorn, 2004).

TIGRIS XL baut auf den Erfahrung mit TIGRIS auf, ist aber eine Neuentwicklung (Zondag, 2007). Dabei wurde vor allem auf folgende Punkte geachtet:

- Schlüsselrelationen sollen statistisch geschätzt werden
- Flexibilität bezüglich verschiedener Landnutzungsregulierungen
- Integration mit dem disaggregierten nationalen Verkehrsmodell
- Berücksichtigen der indirekten ökonomischen Konsequenzen von Verkehrsinfrastrukturen

Modelliert werden in TIGRIS XL der Land-, Wohnungs-, Produktionsstätten-, Verkehrs-, Arbeitsmarkt und die demographische Entwicklung. Diese Teilmodelle, welche Teilprozesse abbilden, werden zum Gesamtmodell zusammengesetzt. Zur Kalibrierung / Modellschätzung wird für die Schlüsselbeziehungen zwischen Verkehr und Standortentscheidungen verschiedener Akteure eine empirische Basis vorausgesetzt. Die Rückkopplung zwischen Verkehrs- und Flächennutzungsmodell wird über Akteur spezifische (es werden 335 Personentypen und 7 Wirtschaftssektoren unterschieden) Erreichbarkeiten bzw. Lokalisierung von Bevölkerung und Arbeitsplätzen⁴ erreicht. Es werden zwei räumliche Ebenen abgebildet.

Die übergeordnete Ebene umfasst 40 Regionen⁵, die untergeordnete Ebene 1308 Zonen des nationalen Verkehrsmodells. Diese zwei Ebenen erlauben inter- und intraregionale Analysen.

Nach der Kalibrierung des Modells und Sensitivitätsanalysen mittels Testfällen, wurden zwei Fallstudien durchgeführt. In der ersten Fallstudie wurden die Auswirkungen von 8 alternativen Flächennutzungsplanungen in der Stadt Almere simuliert. Es handelt sich um eine Studie intraregionaler Effekte, die von grösseren Wohnbauentwicklungen erwartet werden. Für die Szenarien wurden der Umfang des öffentlichen Wohnungsbaus, Baurestriktionen und Marktregulierungen variiert. Die Szenarien sollten vor allem auch zeigen, unter welchen Bedingungen die Regierungsziele erreicht würden. Als entscheidende Faktoren haben sich Bauraten und / oder Leerstandsquoten herausgestellt. Zentrale Resultate sind lokalisierte Veränderungen in der Bevölkerung und dem Arbeitsangebot. Der Vergleich der Szenarien zeigt mit welchen Gebieten Almere in Konkurrenz steht. Zudem ist im Modell zu erkennen, ob die Erwartungen an die zukünftige Entwicklung realistisch sind.

In der zweiten Fallstudie ging es vor allem darum zu zeigen, ob der erwartete positive Effekt auf Wohnungs- und Arbeitsmarkt erreicht wird, wenn ein neuer interregionaler Hochgeschwindigkeitszug erstellt wird. Dazu wurden 4 Kombinationen von Infrastrukturmassnahme und Marktregulierung simuliert, wobei das Serviceniveau des Hochgeschwindigkeitszuges und das Regulierungsni-

⁴ Die Modellierung von Firmen war wegen mangelnder Datengrundlage nicht möglich.

⁵ Diese holländischen Statistikzonen (COROP) stimmen mit der europäischen NUTS 3 Klassifizierung überein.

veau des Immobilienmarktes variiert werden. Um die Auswirkungen einer veränderten Annahme zu isolieren, muss gegen ein Szenario mit gleichen Annahmen - ausser der betreffenden Variation – verglichen werden. Der Vergleich zwischen den Verteilungen der Bevölkerung sowie der Arbeitsplätze der Szenarien ist wiederum das wichtigste Resultat. Es können begünstigte und benachteiligte Gebiete ausgemacht werden. Darin zeigt sich die relative Natur der Erreichbarkeit, welche zu erhöhtem Standortwettbewerb führt. Die Fallstudie lässt zudem Rückschlüsse auf die Effektivität von Massnahmen zu. Die Fallstudie zeigt zum Beispiel, dass raumordnungspolitische Regulierungen effizienter die räumliche Verteilung von Bevölkerung und Arbeitsplätzen lenkt als verkehrspolitische Regulierungen.

5.3.3 Operationalisierte Modelle in der Schweiz

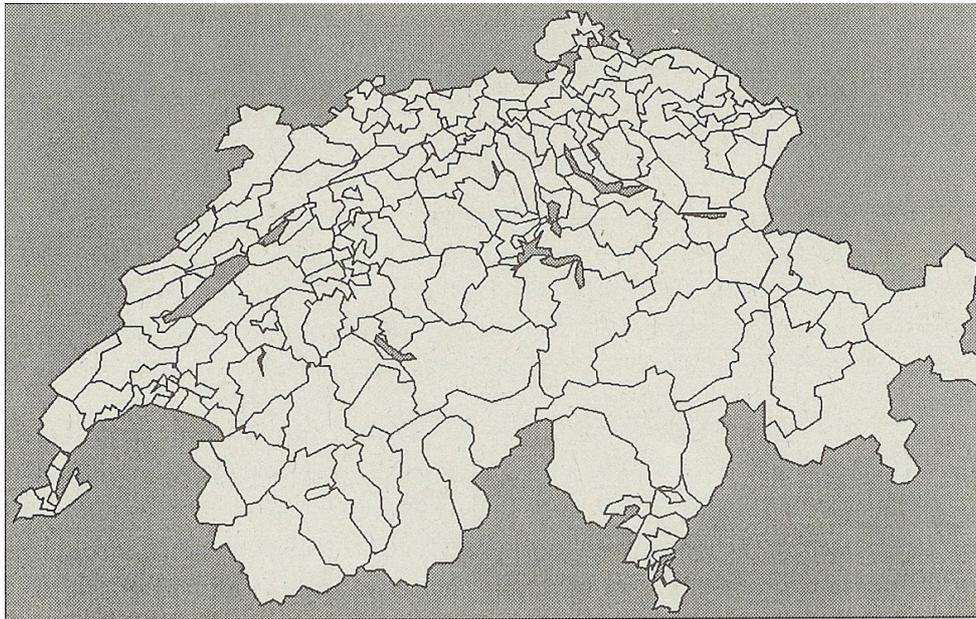
TRANUS Modell der Schweiz

Das Modell wurde im Forschungsprojekt *Räumliche Effekte von Verkehrsinfrastrukturänderungen: Beispiel Swissmetro* vom damaligen ORL der ETH Zürich erstellt (Gruber et al., 2000).

Entsprechend dem Ansatz von TRANUS handelt es sich um ein Makromodell. Die Raumgliederung in Zonen (siehe Abbildung 5) wurde auf Grund der folgenden Kriterien vorgenommen:

- Homogene Zonen bzgl. Verkehrsgunst und Dichte des Verkehrssystems
- Möglichst wenige Zonen
- Aufbauend auf bestehender Einteilung (Datenverfügbarkeit)
- Berücksichtigung der Raumstruktur (Raumtypen, Zentralität)

Abbildung 5 Raumgliederung des TRANUS Modells der Schweiz



Quelle: Gruber, Zbinden und Schmid (2000, 34), 175 interne und 4 externe Zonen, basierend auf 106 MS-Regionen

1990 wurde als Basisjahr gewählt. Es wurden Zeitschritte von 10 Jahren modelliert als Kompromiss zur Berücksichtigung von Anforderungen der Dateneingabe und Szenarienbildung bzw. von Raum- und Infrastrukturentwicklungsdynamik. Als Basiszeitraum werden aber für die Raumnutzung ein Jahr und für den Verkehr ein Tag erwähnt.

Zur Detaillierung der Märkte (des sozio-ökonomischen Systems) wurden 11 Wirtschaftsbranchen, 5 Haushaltskategorien und 3 Geschossflächentypen gebildet. Die Grösse der Wirtschaftsbranchen wurde in Arbeitsplatzäquivalenten vergleichbar gemacht. Als Datengrundlage für die Wirtschaftsbranchen diente eine regionale Input-Output-Tabelle, die in folgende Wirtschaftsbranchen aggregiert wurde:

- Landwirtschaft
- Erzeuger von Rohstoffen (Ricarod-Indikatoren)
- kapitalintensive Industrien (Zentrale Heckscher-Ohlin-Indikatoren)
- arbeitsintensive Industrien (Periphere Heckscher-Ohlin-Indikatoren)
- Chemieindustrie (Schumpeter-Indikatoren)
- Bauwirtschaft

- Unternehmensdienstleister
- Verkehrswesen
- Soziale Dienstleister
- Persönliche Dienstleister
- Gastgewerbe

Die Haushalte der Volkszählung 1990 werden in 5 sozio-professionelle Kategorien eingeteilt (arme/reiche Familien, arme/reiche Ein- und Zweipersonenhaushalte und Rentner). Die Haushaltskategorien unterscheiden sich bezüglich Zentralitätsbedürfnis, Zahlungsbereitschaft und Präferenzen für Wohnungsarten.

Bei den Geschossflächen wurden Einfamilienhäuser, Wohnungen und gemischte Nutzung unterschieden. Dies ist v.a. auf die schlechte Datenlage zurück zu führen. Zur Konstruktion des Geschossflächenverbrauchs wurden die Volkszählung, die Wohnungszählung, das Immo-Monitoring und Literaturangaben als Datenquellen verwendet. Die Geschossflächen des Basisjahres wurden auf Grund der Geschossflächenpreise und der Nachfragefunktion konstruiert.

Das Modell berücksichtigt nur den Austausch von Personen, weil im Projekt die Auswirkungen auf den Personenverkehr untersucht werden sollten. Es wird folglich kein Güterverkehr abgebildet. Die folgenden Zusammenhänge zwischen den gebildeten Einheiten wurden modelliert:

Im Falle der Verkehrsnachfrage wurden diese teilweise direkt dem Mikrozensus 1994 entnommen oder daraus abgeleitet.

Im unteren Teil von Abbildung 6 wird das Verkehrsmodell dargestellt. Dieses funktioniert wie ein klassisches Vier-Stufen-Modell mit dem Unterschied, dass die Verkehrserzeugung über die Nachfragebeziehungen ermittelt wird. Die ökonomischen Flüsse werden mittels Umrechnungsfaktoren bestimmt. Als Verkehrszwecke werden Pendeln⁶, Geschäftsreisen und Einkauf unterschieden. Es wird angenommen, dass die Verkehrszwecke abhängig vom nachfragenden Sektor (Produzenten) sind. Dies ist von TRANUS so vorgesehen, weshalb beispielsweise Verkehr zwecks Einkauf persönlichen Dienstleistern angerechnet wird. Die Verkehrszwecke stehen darum unterhalb der Hauptmatrix. Für die Verkehrszwecke kann angegeben werden, welche Modi (üblicherweise MIV, ÖV) benützt werden können. Die Modi werden von 13 Operatoren zur Verfügung gestellt. Die Operatoren sind Produzenten von Verkehrsdienstleistungen und könnten deshalb auch in der ersten Zeile stehen. Die Darstellungsweise bietet aber mehr Übersicht.

Es fällt auf, dass Rentner nicht als Verkehrsproduzenten gesehen werden. Im Bericht zum Mikrozensus 2005 wird aber festgehalten, dass Rentner mit einer Jahresmobilität von gut 10'000 Kilometern nur knapp halb so viel unterwegs sind wie Menschen zwischen 26 – 65 Jahren (BfS, 2007, 82).

Grundlage für das Verkehrsnetz war der GIS-Datensatz VECTOR200 Version '85 des Bundesamtes für Landestopographie. Es werden 14 Kantentypen unterschieden, die jeweils spezifische Durchschnittsgeschwindigkeiten haben und entsprechende Operatoren zulassen. Staueffekte werden nur über die Bestimmung tieferer Durchschnittsgeschwindigkeiten berücksichtigt. Das Netz wurde vor allem durch Eliminieren von zoneninternen Kanten ausgedünnt, so dass ca. 7200 Kanten und 2900 Knoten übrig blieben.

Das Modell wurde ohne historische Daten auf das Basisjahr kalibriert, da keine zur Verfügung standen. Es wurde die Autokalibrierung von TRANUS verwendet, welche versucht die Preise mit den gewählten Parametern nachzubilden. Die Kalibrierung der Entwicklung wurde auf Grund von Plausibilitätsüberlegungen vorgenommen.

Zur Definition der Szenarien wurden Wachstum von Bevölkerung und Wirtschaftsbranchen, sowie 5 Netzvarianten (inkl. 0-Variante) angenommen. Raumplanerische Massnahmen konnten nach einem gescheiterten Versuch, sie über die Restriktion von Geschossflächenwachstum zu integrieren, nicht berücksichtigt werden.

⁶ Es wird nach armen und reichen Pendlern unterschieden.

Resultate der Simulation waren räumliche Arbeitsplatz- und Einwohnerzahlen. Angesichts der schlechten Kalibrierung und unvollständigen Abbildung des Systems konnte man darin nur Tendenzen erkennen. Die damaligen Schlussfolgerungen waren:

- Die Operationalisierung des Modells ist äusserst aufwendig und insbesondere wegen mangelnder Daten mit Schwierigkeiten behaftet. Die Kalibrierung ist nicht befriedigend.
- Die Aussagekraft wird durch die Vereinfachungen eingeschränkt.
- Zur Verbesserung der Simulation kann einerseits ein bestehendes Modell adaptiert oder ein eigenes entwickelt werden. Entscheidend ist, ob ein Planungsinstrument erstellt respektive die Methodik weiter entwickelt werden soll.
- LUTI-Modelle sind nicht Standardsoftware, weshalb sie nicht unabhängig von ihren Entwicklern einsetzbar sind.
- Das Einbeziehen von Experten relevanter Bereiche wird empfohlen, um das aktuellste Wissen und die aktuellsten Daten zu berücksichtigen.
- Zuerst sollte eine Operationalisierung auf Stufe Agglomeration erfolgen, bevor ein nationales Modell erstellt wird.
- Ein Bedarf an Neuentwicklungen mit einer Abkehr von der Zone als Basis wird festgestellt.

UrbanSim Modell im Kanton Zürich

Das IVT hat in Zusammenarbeit mit dem IRL für das Forschungsprojekt *Zukunft urbane Kulturlandschaften* (ZUK) das Modellsystem UrbanSim im Kanton Zürich operationalisiert (Löchl et al., 2007; Bürgle et al., 2005). Die Motivation lag im Mangel an Feldberichten zur Operationalisierung und praktischen Anwendung von LUTI-Modellen. In dem Projekt wurde die Flächennutzung auf der Basis eines Hektarrasters simuliert. Dazu wurde die Raster basierte Version von UrbanSim verwendet, welche zu Projektbeginn im Jahr 2005 als einzige zur Verfügung stand. Zur Abbildung des Verkehrssystems wurde das kantonale Verkehrsmodell verwendet, welches eine VISUM Anwendung ist (Vrtic et al., 2005).

Dementsprechend ergaben sich die Datenanforderung. Es mussten für den ganzen Kanton hektarscharfe Daten zur Verfügung gestellt werden. Dies etwa zur Beschreibung und Lokalisierung von Arbeitsplätzen, Bevölkerung und Gebäudeflächen. Dabei müssen nicht nur die Daten für das Basisjahr besorgt werden, sondern auch Zeitreihen zur Schätzung der Entscheidungsmodelle. Zusätzlich werden Zeitreihendaten zur Validierung benötigt, bei welcher die simulierte Entwicklung mit der realen Entwicklung verglichen wird. Weiter hängen die Datenanforderungen von den Mindestanforderungen und der Auswahl der Teilsysteme ab, welche mit dem Modellsystem modellierte werden sollen.

Für das ZUK-Projekt wurde UrbanSim aus folgenden Gründen gewählt:

- Fortschrittlicher Funktionsumfang
- Fortschrittliche Implementierung
- Hohe Detailschärfe
- Verschiedene Anwendungsfälle
- Ausführliche Dokumentation
- Open source (transparent und kostenlos verfügbar)

Es kann hier angemerkt werden, dass sich UrbanSim in den vergangenen fünf Jahren stark weiter entwickelt hat. Der Funktionsumfang ist weiter gewachsen. Dies betrifft vor allem Werkzeuge zur Datenaufbereitung und zur Modellschätzung. So bietet die Software Schnittstellen zu den häufig verwendeten Datenbanksystemen. Auch können Entscheidungsmodelle innerhalb von UrbanSim geschätzt werden. Die Implementierung wurde mit der Entwicklung einer graphischen Benutzeroberfläche Anwender freundlich gemacht. Die hohe Detailschärfe wurde nochmals erhöht, indem beliebige Raumeinheiten (z.B. Parzellen) verwendet werden können.

Im Forschungsprojekt wurde UrbanSim erfolgreich für den Kanton Zürich operationalisiert. Das Projekt wurde allerdings ohne eine zufriedenstellende Validierung und Anwendungsfall abgeschlossen, da die Projektfinanzierung nicht mehr ausreichte. Die Schlussfolgerung war, dass LUTI-Modelle einen technischen und inhaltlichen Stand erreicht haben, welcher Praxisanwendungen ermöglicht. Es wird aber darauf hingewiesen, dass die Datengrundlage über eine erfolgreiche Anwendung entscheidet. Eine Grundvoraussetzung ist ein funktionierendes Verkehrsmodell. Die aufwändige Aufbereitung sowie mangelnde Datenqualität werden als Problemfelder genannt. Ferner wird vermerkt, dass Vertrauensbildung bei den Anwendern notwendig ist. Dazu müssen die Resultate mit Angaben zur Verlässlichkeit untermauert werden. Die Chance von umfassenden Modellen wird in der Eröffnung vieler neuer Analysemöglichkeiten gesehen.

5.3.4 Kosten von realisierten Anwendungen

Den Autoren sind keine Kostenaufstellungen realisierter Anwendungen bekannt. Dies dürfte damit zusammen hängen, dass die meisten Anwendungen in mehreren Teilprojekten entwickelt worden sind. Zudem sind immer mehrere Institutionen beteiligt, meistens auch eine Forschungseinrichtung. Den Autoren ist auch nicht bekannt, dass jemals eine Kosten-Nutzen-Analyse bezüglich eines integrierten Flächennutzungsmodells durchgeführt worden wäre.

5.3.5 Weiterentwicklung der LUTI Modelle

Kürzlich abgeschlossenen Projekte

Ein Auflistung einer Auswahl kürzlich abgeschlossener Projekte soll zeigen, dass die Entwicklung von LUTI-Modellen weiter vorangetrieben wird. Für weitere Informationen verweisen wir auf die entsprechenden Publikationen.

- PROPOLIS (PROPOLIS members, 2005; Lautso et al., 2004)
- SPARTACUS (Wegener, 2000)
- TMIP (TMIP, 2010)

Laufende Projekte (EU, KTI)

Der Trend bei den LUTI-Modellen geht in Richtung Mikrosimulation und aktivitäten-basierte Modelle (Iacono et al., 2008; Ettema et al., 2007; Wegener, 2004). Es sind bereits vollständig aktivitäten-basierte Verkehrsmodelle verfügbar (MATSim Developer Team, 2010; TRANSIMS, 2010; Mahmassani und Abdelghany, 2003) (Arentze und Timmermans, 2003, 2004, 2007). Auf der Seite der Landnutzungsentwicklung ist dies erst teilweise umgesetzt. Die Zusammenführung von Verkehrs- und Flächennutzungsmodellen wird durch das einheitliche Anwenden des aktivitäten-basierenden Ansatzes erleichtert werden. Die möglichen Entwicklungspfade der LUTI-Modelle sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 6 Entwicklungspfade von LUTI-Modellen

Verkehrsmodell	Kein Modalsplit	Modalsplit	Modalsplit, Spitzenstunde	Aktivitäten-basiert
Flächennutzungsmodell				
Keines		→	→	→
Expertenmeinung			→	↓
Nicht Markt basiert			→	↓
Nach Preissignalen			→	↓
Markt basiert			→	↓
Aktivitäten basiert				↓

Quellen: Wegener (2004) angepasst

Als Teil eines internationalen Forschungskonsortiums entwickelt das IVT seit Beginn des Jahres integrierte Verkehrs- und Flächennutzungssimulationen im Projekt *SustainCity* weiter (SustainCity

Consortium, 2010). *SustainCity* möchte die Anwendbarkeit urbaner Simulationen verbessern, um deren Einsatz als Entscheidungshilfen zur nachhaltigen Entwicklung europäischer Städte zu erleichtern.

Das *SustainCity* Konsortium hat sich deshalb zum Ziel gesetzt, modernste Mikrosimulationen von Verkehr und Landnutzung zu integrieren und an die Verhältnisse europäischer Städte anzupassen. *SustainCity* wird auf den open-source Plattformen *OPUS* (UrbanSim) und *MATSim-T⁷* aufbauen. Weiterentwicklungen werden in der Modellierung sowie dem Softwareengineering angestrebt. Die Herausforderungen bei der Modellierung liegen in der Entwicklung zusätzlicher Module im Bereich Demografie, Umwelt und Immobilienentwicklung. Bei der Softwareintegration steht die Zusammenführung verschiedener Zeithorizonte respektive Raumaufösungen im Vordergrund.

Damit die Simulationssysteme der Förderung der Nachhaltigkeit dienen können, werden entsprechende Indikatoren sowie die dafür notwendige Datenverfügbarkeit berücksichtigt. Es wird Anwendungen für die Stadtregionen Brüssel, Paris und Zürich geben. Zusätzlich sind Workshops mit potentiellen Anwendern u.a. in Zürich geplant. Das Projekt wird im Rahmen des siebten Forschungsprogramms der Europäischen Union finanziert und wird im Dezember 2012 abgeschlossen.

5.4 Empfehlungen / Schlussfolgerungen

Es ist festzuhalten, dass die analysierten Modelle die Entwicklung des Verkehrssystems nicht endogen simulieren. Die Entwicklung der Infrastruktur sowie der Regulationen wird immer als Annahme vorgegeben. Der Ansatz ist, dass man diese Annahmen auf ihre Wirkungen hin prüft.

Auf Grund der Literaturdurchsicht werden die drei Modellsysteme UrbanSim, TIGRIS XL und DELTA ausgewählt um sie mittels einer SWOT-Analyse vertieft zu beurteilen. Die Gründe sind:

- Alle drei Modellsysteme erfüllen die zwingenden Eignungskriterien.
- Der Trend hin zur Mikrosimulation sollte verfolgt werden, weil die räumliche Verfeinerung viele Möglichkeiten bietet und damit sehr attraktiv ist für Kantone bzw. Planungsregionen.
- Alle drei Modelle haben in operationalisierten, nationale Anwendung gezeigt, dass sie für ein Gebiet mit ähnlicher Grösse wie die Schweiz einsetzbar sind
- Die Modelle werden weiter entwickelt, was die notwendig Zusammenarbeit / Support gewährleistet
- Alle drei Modelle wurden bereits in Europa angewendet.

⁷ www.matsim.org

6 Daten

6.1 Vorbemerkungen

Welche Daten für die Implementierung eines bestimmten Flächennutzungsmodells notwendig sind sowie deren exakte Ausprägung (z.B. die räumliche Auflösung oder der Attributumfang) hängen von den folgenden zwei Faktoren ab:

- Inhalte und räumliche Auflösung der zu beantwortenden Fragestellung
- Eingesetzte Software

Die verfügbaren Daten beschränken jedoch auch die Möglichkeiten des Modells, sofern für den Aufbau des Modells keine spezifischen Daten erhoben werden sollen. Die Verfügbarkeit von Daten wird sich in Zukunft jedoch stetig verbessern. Gründe dafür sind im Bereich der Geodaten die Arbeiten zur Umsetzung des Geoinformationsgesetzes oder im Bereich der statistischen Daten die Anstrengungen des BFS die Daten einfacher verfügbar zu machen zum Beispiel mittels der Applikation „Superweb“ (Bundesamt für Statistik BfS, 2010).

6.2 Überblick

Um die vom ARE formulierten Fragestellungen in der geforderten räumlichen Auflösung beantworten zu können, müssen unabhängig von der einzusetzenden Software die folgenden Themen durch Daten beschrieben werden:

- Flächenangebot: Wohnen und Arbeiten
- Flächennachfrage: Wohnen und Arbeiten
- Verkehr: Personen- und Güterverkehr inklusive Infrastrukturausbau
- Erlaubte Flächennutzung: Landnutzungsrestriktionen
- Bevölkerung: Soziodemografie
- Arbeitsplätze: Sektoren
- Makroökonomie: Grundlegende Konjunkturdaten

Zu den oben genannten Themen werden Empfehlungen formuliert, welche Daten verwendet werden sollen, um den aktuellen Stand zu beschreiben und wie vorgegangen werden soll, um den zukünftigen

gen Stand zu modellieren. Ein strukturierter Beschrieb aller in Frage kommenden Datensätze sowie von Daten, die für allfällige zukünftige Teilmodelle oder für die Visualisierung von Resultaten verwendet werden können, ist im Anhang A 1 aufgeführt.

6.3 Ausgangszustand

6.3.1 Flächenangebot

Wohnen

Zur Modellierung der Menge und der Qualität des Bestands an Flächen für Wohnnutzungen empfehlen wir die Verwendung des Eidgenössischen Gebäude und Wohnungsregisters⁸ (GWR). Das GWR enthält folgende relevanten Daten zu Gebäuden mit Wohnnutzungen:

- Gebäude: Anzahl Wohnungen, Gebäudefläche, Anzahl Geschosse, Baujahr/-periode, Renovationsjahr/-periode, Gebäudestatus (projektiert, im Bau, bestehend, abgebrochen)
- Wohnungsdaten: Anzahl Zimmer, Wohnungsfläche, Baujahr, Wohnungsstatus (projektiert, im Bau, bestehend, abgebrochen), Nutzungsart (dauernd / zeitweise / nicht bewohnt)

Arbeiten

Weil im GWR Gebäude ohne Wohnnutzung nicht zwingend erfasst werden müssen, sind die Angaben zu Gebäuden mit reiner Arbeitsnutzung unvollständig⁹. Das GWR kann basierend auf Daten der Eidgenössische Betriebszählung ergänzt werden.

Als Alternative kommen Daten der kantonalen Gebäudeversicherungen in Frage. In 19 Kantonen gibt es eine kantonale Gebäudeversicherung. Die für die Versicherungszwecke erhobenen Geschossflächen lassen sich auch für die Modellierung verwenden. Die Beschaffung und Harmonisierung der Daten ist jedoch aufwändiger als beim GWR.

⁸ www.housing-stat.ch

⁹ Eines der laufenden Modernisierungsprojekte des BfS hat zum Ziel ein „Integriertes Statistiksystem Bauen und Wohnen (BAWO)“ aufzubauen. Informationslücken z.B. im Bereich der Mietpreise oder der Geschäftsliegenschaften sollen geschlossen sowie Datenflüsse verbessert und verknüpft werden. Zudem sollen auch weitere Informationsbedürfnisse geklärt werden. Seitens des ARE bestehen für die Zwecke der Flächennutzungsmodellierung einige Bedürfnisse im Bereich Bauen und Wohnen, die in dieses Modernisierungsprojekt eingebracht werden könnten.

6.3.2 Flächennachfrage

Für die Beschreibung der Flächennachfrage sind bis jetzt nur teilweise Daten der offiziellen Statistik verfügbar. Es ist daher notwendig Daten aus Modellrechnungen von privaten Firmen zu beschaffen oder selber derartige Modellrechnungen durchzuführen¹⁰.

Eine pragmatische Möglichkeit wäre analog der Studie „Bauzonen Schweiz: Wie viele Bauzonen braucht die Schweiz?“ des ARE (Matter et al., 2008) vorzugehen und bei Bedarf die entsprechenden Annahmen respektive Daten zu verfeinern. In dieser Studie wurde zuerst der aktuelle Flächenkonsum räumlich sowie nach Segmenten unterschieden bestimmt. Die Entwicklung der Bevölkerung sowie der Wirtschaft bestimmen hauptsächlich die zukünftige Flächennachfrage sowohl für Wohnen als auch für Arbeiten.

Wohnen

Zur Berechnung der Flächennachfrage pro Einwohner differenziert nach Bevölkerungsgruppen und Eigentumsverhältnissen stehen folgende Datensätze zur Verfügung:

- Grösse der Grundstücksfläche von Einfamilienhäusern z.B. basierend auf Transaktionsdaten (FPRE¹¹ oder Wüest und Partner¹²)
- Grösse der Wohnfläche von Eigentums- und Mietwohnungen: Auswertung des Eidgenössischen Gebäude – und Wohnungsregister (BFS¹³) und Volkszählung (BFS¹⁴)
- Grösse der Grundstücksfläche von Mehrfamilienhäusern: Basierend auf den Ausnützungsziffern der entsprechenden Bauzonen gemäss den Zonenplänen (Hilber et al., 2008)
- Segmentierung der Bevölkerung in Gruppen mit homogenen Wohnbedürfnissen: (z.B. Basierend auf Nachfragesegmente FPRE¹⁵)

Umzugsverhalten Haushalte

¹⁰ Eines der laufenden Modernisierungsprojekte des BfS hat zum Ziel ein „Integriertes Statistisches System Bauen und Wohnen (BAWO)“ aufzubauen. Informationslücken z.B. im Bereich der Mietpreise oder der Geschäftsliegenschaften sollen geschlossen sowie Datenflüsse verbessert und verknüpft werden. Zudem sollen auch weitere Informationsbedürfnisse geklärt werden. Seitens des ARE bestehen für die Zwecke der Flächennutzungsmodellierung einige Bedürfnisse im Bereich Bauen und Wohnen, die in dieses Modernisierungsprojekt eingebracht werden könnten.

¹¹ www.fpre.ch

¹² http://www.wuestundpartner.com/produkte/transaktionsdaten_plattform/index.phtml

¹³ www.housing-stat.admin.ch

¹⁴ http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen__quellen/blank/blank/vz/uebersicht.html

¹⁵ www.fpre.ch

- Um die Standortwahl der Haushalte simulieren zu können werden modellierte Daten zu den Preisen einzelner Wohnungen benötigt (z.B. FPRE¹⁶, Wüest und Partner¹⁷).
- Als Datengrundlage für die Modellierung des Umzugsverhaltens könnten Analysen auf Basis von Umzugsdaten von Haushalten z.B. aus der Produktlinie MATCH¹⁸ der Schweizerischen Post durchgeführt werden (Vertrieb/Analyse der Daten z.B. durch Mappuls)

Arbeiten

Zur Berechnung der Flächennachfrage pro Beschäftigten differenziert nach Branche stehen folgende Datensätze zur Verfügung:

- Flächenbedarf je Branche und Beschäftigten:
 - Anteil Bürobeschäftigte nach Branchen: Gemäss Studie „Wie viele Bauzonen braucht die Schweiz“ (Matter et al., 2008)
 - Flächenbedarf pro Arbeitsplatz nach Branchen: Gemäss Studie „Wie viele Bauzonen braucht die Schweiz“ (Matter et al., 2008)
- Umrechnung auf Geschossflächen:
 - Geschossflächen für Büro-, Verkaufs- und Gewerbe-/Industrienutzung (Wüest & Partner)
 - Eventuell Daten von kantonalen Gebäudeversicherungen
 - Branchenzusammensetzung: Betriebszählung (BFS)
- Grösse der Grundstücksfläche von Gewerbebauten: Ausnutzungsziffern der entsprechenden Bauzonen (Gemeinden).

Umzugsverhalten Firmen

- Um die Standortwahl der Unternehmen simulieren zu können werden modellierte Daten zu den Preisen der Arbeitsflächen benötigt (z.B. FPRE¹⁹, Wüest und Partner²⁰).
- Als Datengrundlage für die Modellierung des Umzugsverhaltens könnten Analysen auf Basis des Betriebs- und Unternehmensregister²¹ (BUR) verwendet werden.

¹⁶ www.fpre.ch

¹⁷ www.wuestundpartner.com

¹⁸ <https://match.postmail.ch/>

¹⁹ www.fpre.ch

²⁰ www.wuestundpartner.com

²¹ www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/00/05/blank/02.html

6.3.3 Makroökonomie

Makroökonomische Faktoren bestimmen weitgehend die Entwicklung der Beschäftigtenzahlen und stark die Entwicklung der Bevölkerung zum Beispiel über die Zuwanderung. Folgende makroökonomische Faktoren sollten berücksichtigt werden:

- Gesamtwirtschaft: nationales Bruttoinlandsprodukt (BIP) sowohl für die Schweiz als auch für Europa (KOF ETH Zürich²²)
- Bauinvestitionen (KOF ETH Zürich / Baublatt²³)

6.3.4 Verkehr

Eine Randbedingung des ARE ist, dass die Informationen zum Verkehr (Personen- und Güter-) aus dem VM-UVEK bezogen werden können. Die Schnittstelle zwischen Flächennutzungsmodell und Verkehrsmodell wäre im Detail noch genau zu definieren. Grundsätzlich brauchen die Flächennutzungsmodelle von den Verkehrsmodellen Informationen zur Erreichbarkeit der Flächen.

6.3.5 Bevölkerung

Zur Modellierung der Bevölkerung wird empfohlen die Daten der Eidgenössischen Volkszählung²⁴ kombiniert mit der Statistik des jährlichen Bevölkerungsstandes²⁵ (ESPOP) zu verwenden. Dadurch kann der Attributumfang Volkszählung mit der Aktualität von ESPOP kombiniert und dadurch auf den aktuellen Stand fortgeschrieben werden.

Die nächste Volkszählung findet im Jahr 2010 und zum ersten Mal als Register basierte Zählung statt. Dank dieser Systemumstellung sollten aktuelle Volkszählungsdaten zukünftig rascher und öfter zur Verfügung stehen.

²² www.kof.ethz.ch

²³ <http://www.bauinfocenter.ch/>

²⁴ www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen__quellen/blank/blank/vz/uebersicht.html

²⁵ www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen__quellen/blank/blank/espop/01.html

6.3.6 Arbeitsplätze

Zur Modellierung der Arbeitsplätze wird empfohlen die Daten der alle drei Jahre stattfindenden Eidgenössischen Betriebszählung²⁶ oder des Betriebs- und Unternehmensregisters²⁷ (BUR) zu verwenden.

6.3.7 Erlaubte Flächennutzung

Im Bereich der erlaubten Flächennutzung interessiert insbesondere die zusätzlich erlaubte Flächennutzung, das heisst die Nutzungsreserven. Die beste nationale Quelle dafür ist die Bauzonenstatistik der Schweiz 2007 sowie im Moment die die darauf aufbauenden Analysen der Studie „Wie viele Bauzonen braucht die Schweiz?“. Die Geschossflächenreserven wurden im Rahmen dieser Studien aus Annahmen zu inneren Reserven und Umrechnungen der unüberbauten Bauzonen auf Geschossflächen abgeleitet.

Das Projekt „Raum+“ (Scholl et al., 2010) hat zum Ziel Übersichten zu Siedlungsflächenpotenzialen (gemäss Art. 31 Abs. 3 RPV) für eine nach innen gerichtete Siedlungs- und Raumentwicklung zu erarbeiten. Pilotprojekte in den Kantonen Schwyz und Basel-Landschaft sind abgeschlossen. Daten aus diesem oder ähnliche Projekte in anderen Kantonen wären eine ideale Grundlage für die Flächennutzungsmodellierung sofern sie zukünftig gesamtschweizerisch vergleichbar verfügbar wären.

6.4 Zukünftiger Zustand

Für jede Datenebene muss entschieden werden, ob Szenarien im Flächennutzungsmodell abgebildet werden sollen oder ob Daten aus externe Szenario-Berechnungen verwendet werden sollen. Grundsätzlich wird empfohlen sich sofern verfügbar offizielle Szenarien zu verwenden und sich primär auf die Modellierung der Fragestellungen des ARE zu konzentrieren.

²⁶ www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen__quellen/blank/blank/bz/01.html

²⁷ www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/00/05/blank/02.html

Tabelle 7 Quellen von Szenario-Berechnungen

Thema	Quelle der Szenario-Berechnung
Flächenangebot	Modellierung
Flächennachfrage	Modellierung
Verkehr	VM-UVEK (z.B. beschlossene/ finanzierte Infrastrukturausbauten gemäss kantonaler Richtplanung oder Agglomerationsprogrammen.)
Erlaubte Flächennutzung	Modellierung oder Szenarien gemäss Studie „Wie viele Bauzonen braucht die Schweiz?“, allenfalls unter Berücksichtigung von weiteren Parametern oder Restriktionen wie z.B. der Fruchtfolgeflächen.
Bevölkerung	Bevölkerungsszenarien BFS / Regionalisierung durch das ARE
Arbeitsplätze	Branchenprognose aus Studie „Wie viele Bauzonen braucht die Schweiz?“
Makroökonomie	Prognosen der führenden Prognoseinstitute

7 Interviews

7.1 Durchführung

Zur Durchführung der Interviews werden zwei Fragenkataloge als Interviewleitfaden erarbeitet. Einer ist auf Anwender – also Personen mit Erfahrungen ausgerichtet, der andere auf potentielle Anwender in der Schweiz. Bei den Anwendern wird zudem zwischen den Entwicklern und Nutzern einer entwickelten Software unterschieden. Da die meisten Entwickler und Nutzer englisch sprechend sind, wird der Fragenkatalog auf Englische erstellt. Die Fragenkataloge finden sich im Anhang A 2.

Die Interviewkandidaten werden mit einem E-Mail angefragt mit dem entsprechenden Fragenkatalog im Anhang. Folgt keine Reaktion auf das E-Mail, wird per Telephone nachgefragt. Die Kandidaten werden zum vereinbarten Interviewtermin mit Skype angerufen. Die Gründe für die Verwendung von Skype sind die tiefen Kosten sowie die frei verfügbare Aufnahmeweare *Skype Call Recorder*²⁸. Neben der Audioaufzeichnung, werden parallel zum Interview Notizen angefertigt. Diese dienen als Gedächtnisprotokoll. Auf eine Transkription wird aus Zeitgründen verzichtet.

7.2 Befragte

Bei der Auswahl der Interviewpartner wird darauf geachtet, dass die Experten Erfahrungen mit einem der drei ausgewählten Modelle haben. Es ist jeweils gelungen den hauptverantwortlichen Entwickler, sowie einen Anwender des Modells für ein Interview zu gewinnen.

Für ein erstes Konzept erscheint es den Autoren zudem wichtig einen Eindruck über die Bedürfnisse möglicher Nutzer neben dem ARE zu erhalten. Deshalb werden zwei Kantonsplaner sowie zwei private Raumplanungsbüros als potentielle Nutzer eines nationalen Flächennutzungsmodells befragt. Bei der Auswahl der Kantonsplaner werden Kantone mit grösseren Agglomerationen berücksichtigt. Im Falle der privaten Büros werden diejenigen angeschrieben, welche ein nationales Raumentwicklungskonzept entwickelt haben. Aus Zeitgründen wird auf die Befragung von französisch und italienisch sprechenden Organisationen verzichtet. Die befragten Personen sind in Tabelle 8 aufgeführt.

²⁸ Die Software ist Linux basiert und kann unter folgendem Link herunter geladen werden. <http://atdot.ch/scr/index.html>

Tabelle 8 Befragte

Name	Vorname	Organisation	Gebiet	Tel.	E-mail	Funktion	Modell
Waddell	Paul	University of California, Berkeley	UK	+49 231 1899 441	waddell@berkeley.edu	Entwickler	UrbanSim
Simmonds	David	Simmonds Consulting	UK	+44 122 331 60 98	dsc@davidsimmonds.com	Entwickler	DELTA
Zondag	Barry	Netherlands Environmental Assessment Agency	NL	+31 70 3288 726	Barry.Zondag@pbl.nl	Entwickler	TIGRIS XL
Cragg	Stephen	Transport Scotland	UK	+44 141 272 7570	Stephen.Cragg@transportscotland.gsi.gov.uk	Anwender in Behörde	DELTA
Geurs	Karst	University of Twente	NL	+31 53 489 1056	K.T.Geurs@ctw.utwente.nl	Anwender in Behörde	TIGRIS
Outwater	Maren	Puget Sound Regional Council	USA	+1 425 269 9684	MOutwater@rsginc.com	Anwenderin Beratungsbüro	UrbanSim
Michael	Löchl	Amt für Verkehr	Kt. ZH	+41 43 259 54 45	michael.loechl@vd.zh.ch	Anwender in der Forschung	UrbanSim
Rytz	Peter	Amt für Gemeinden und Raumordnung	Kt. BE	+41 31 633 77 52	peter.rytz@jgk.be.ch	Kantonsplaner BE	-
Natrup	Wilhelm	Amt für Raumordnung und Vermessung	Kt. ZH	+41 43 259 30 20	wilhelm.natrup@bd.zh.ch	Kantonsplaner ZH	-
Rietmann	Daniel	ERR Raumplaner	Kt. SG	+41 71 227 62 62	daniel.rietmann@err.ch	Raumplaner	-
Suter	Beat	Metron	Kt. AG	+41 56 460 92 01	beat.suter@metron.ch	Raumplaner	-
Marti	Peter	Metron	Kt. AG	+41 56 460 92 12	peter.marti@metron.ch	Verkehrsplaner	-

7.3 Auswertung / Schlussfolgerungen

Die Antworten werden qualitativ ausgewertet. Das gewählte Vorgehen richtet sich nach der Methode der qualitativen Inhaltsanalyse (Gläser und Laudel, 2004). Das auszuwertende Material sind die Tonaufnahmen. Ein Teil der Extraktion erfolgt schon beim Erstellen der Gesprächsnotizen. Diese helfen bei der Auswertung die relevanten Informationen wieder zu finden. Für die Auswertung werden dann die Aussagen zu einzelnen Themenbereichen zusammengefasst, verglichen²⁹ und anschließend interpretiert. Die Auswertungen sind im folgenden nach den Themenbereichen der Fragenkataloge gegliedert.

Als erstes wird von jedem Interviewpartner der Wissensstand bzw. der Einsatzbereich erfragt. Bei der Befragung der Anwender und Entwickler soll vor allem deren Erfahrungen erhoben werden. Dabei wird versucht die Erfahrungen während der Entwicklung von denjenigen während der Anwendung zu unterscheiden. Im dritten Teil des Fragebogens für Anwender und Entwickler steht die Einschätzung der Experten bezüglich des Nutzens eines nationalen Flächennutzungsmodells in der Schweiz im Vordergrund.

Bei der Befragung der potentiellen Anwendern geht es darum den Kontext für eine allfällige Umsetzung abzutasten. Deshalb werden die Bedürfnisse und Möglichkeiten eruiert. Die Fragen zu den Erwartungen sollen die Bedürfnisse zeigen, während im letzten Teil der Interviews die Einstellung bezüglich einer allfälligen Umsetzung erfragt wird.

7.3.1 Erfahrungen von Anwendern und Entwicklern

Einsatzbereich / Anwendung

Flächennutzungsmodelle werden sowohl in der Forschung als auch im Raumplanungsprozess eingesetzt. In der Regel wird mit einem Modell gearbeitet. Dieses wird oft bezüglich einer bestimmten Fragestellung angepasst und erweitert. Da die Modelle sehr komplex sind, braucht es gute Gründe um das Modell zu wechseln.

Die Motivation, welche am Anfang der Entwicklungen der Modelle und auch der Anwendungen steht, ist der Zusammenhang zwischen Verkehrssystem und Flächennutzungen zu erfassen, zu be-

²⁹ Die vergleichende Analyse wird vor allem bei geringer Anzahl von Fällen eingesetzt (Gläser und Laudel, 2004, 240).

werten und die Erkenntnisse in politische Entscheidungen einfließen zu lassen. Die Entscheidungen betreffen Infrastrukturprojekte, Flächennutzungsregulierungen, Staumanagement und andere raumwirksame Politiken. In jüngerer Vergangenheit erscheinen immer häufiger Fragen zu Nachhaltigkeit und Klimawirksamkeit.

Der Zweck der Modelle liegt in der Schaffung von Grundlagen für strategische, planerische Entscheidungen in der Raumentwicklung. Diese sind in grösseren Perimetern zu treffen. Dies hilft das Angebot im Bezug auf definierte Ziele (z.B. Nachhaltigkeit) zu steuern.

Die betrachteten Modelle können Fragen zu Flächennutzungsänderungen (auch Verdichtung), Auswirkungen von Zonierungen, Bevölkerungsverteilung, Verteilung von Arbeitsplätzen und Auswirkungen auf Immobilienpreise beantworten. Die Modelle können nicht immer alle Fragestellungen gleich gut beantworten. Die entsprechenden Daten und Indikatoren müssen vorgehalten werden. Mikrosimulationen sind potentiell in der Lage auch detailliertere Fragestellung auf lokaler Ebene zu beantworten. Die Erfahrungen mit hoch auflösenden Modellen sind zum heutigen Zeitpunkt noch kaum vorhanden.

Die Modelle beinhalten noch keine endogen modellierten Effekte auf die Wirtschaft. Da von makroökonomischen Szenarien und Gesamtbevölkerungsprognosen ausgegangen wird, können zum Beispiel Fragen nach den Auswirkungen auf das Wirtschaftswachstum in einer Region noch nicht adressiert werden. Fragen zu finanziellen Auswirkungen für Regionen können ebenfalls noch nicht beantwortet werden. Dazu wären zusätzliche Modelle notwendig, welche finanzielle Zusammenhänge abbilden.

Der Nutzen von LUTI-Modellen wird als sehr gross eingeschätzt und liegt vor allem in einer umfassenderen Betrachtungsweise. Die Modellierung führt aber auch zu besseren Einblicken in die Zusammenhänge, weil sie quantitative Resultate liefern kann. Ausserdem wird die Konsistenz erhöht und damit eine einheitliche Diskussionsgrundlage geschaffen. Bei Mikrosimulationen ist ein zusätzlicher Vorteil, dass auf verschiedenste Einheiten und Ebenen aggregiert werden kann.

Die Modelle werden seit 8 bis 15 Jahren eingesetzt. Während dieser Zeit wurden die Modelle weiter entwickelt. Es ist deshalb nicht möglich die Entwicklungs- und Anwendungsphase klar zu trennen. Die Entwicklung richtet sich bei den Anwendern nach Projekten, in denen Anpassungen des Modells nötig werden. Bei den Entwicklern ist der Prozess kontinuierlicher, da die Entwicklung im Vordergrund steht.

Die Anwendungsfrequenz hängt ebenfalls von den Projekten und deren Phasen ab. Im Durchschnitt werden wenige Läufe in einem halben Jahr gerechnet. Im Falle des UrbanSim Modells für die Puget Sound Region (Seattle) wird die Anwendungsfrequenz als monatlich oder häufiger angegeben. Dies deutet darauf hin, dass ein hoch aufgelöstes Modell mit hoher Qualität häufiger einsetzbar ist.

Die Modellsysteme werden von mehreren Organisationen eingesetzt. Die Anzahl variiert allerdings stark. Während TIGRIS XL nur von 2 Organisationen eingesetzt wird, wird UrbanSim in über 60 Ländern eingesetzt und ist damit wohl das am häufigsten genutzte Flächennutzungsmodell. DELTA hat ca. 10 anwendende Organisationen. Auch die operationalisierten Modelle werden von mehreren Organisationen geteilt. Dies trifft im Besonderen auf den Austausch der Resultate zu.

Genannte Probleme in der Modellanwendung sind der Mangel an Spezialisten auf diesem Gebiet, schwere Kommunizierbarkeit auf Grund der (notwendigen) Komplexität, die geringe Benutzerfreundlichkeit – wozu auch die langen Laufzeiten von mehreren Tagen beitragen – und die Aufbereitung der Daten.

Alle drei Modelle werden grundsätzlich als in der Schweiz anwendbar beurteilt. Es wird aber darauf hingewiesen, dass auch die Operationalisierung eine grosse Aufgabe wäre. Im Falle von TIGRIS XL hat man noch keine Erfahrungen bezüglich einer Operationalisierung in einem anderen Land. Sechs Experten schlagen vor ein Modell mit mehreren Ebenen anzustreben, um den Ansprüchen auf den jeweiligen Politikebenen gerecht werden zu können.

Operationalisierung

Für die befragten Anwender ergab sich, dass die Flächennutzungsmodelle in Zusammenarbeit mit externen Beratern operationalisiert werden. Bei den Beratern handelt es sich um universitäre Einrichtungen oder spezialisierte Beratungsbüros. Auch die Anwendung in einem konkreten Fall wird teilweise extern durchgeführt, weil die Kompetenzen bei den Behörden nur teilweise vorhanden sind. Die notwendigen Ausschreibungen für die jeweiligen Projekte beanspruchen erhebliche zeitliche Ressourcen.

Die Operationalisierung wird dabei für eine Behörde bezüglich konkreter Fragestellungen vorgenommen. Für jede neue Fragestellung kann es ein Projekt geben, welches wiederum ausgeschrieben bzw. verhandelt wird.

Die Dauer der Operationalisierung hängt von den Fragestellungen, dem Wissensstand und den Vorarbeiten ab. In der Befragung wurden Zeitspannen von 1 bis 3 Jahre für die erste Operationalisierung genannt. Kleinere Anpassungen konnten in wenigen Monaten vorgenommen werden.

Die Phasen der Operationalisierung umfassen das Einlesen, die Datensammlung, die Datensichtung, die Modellschätzung, die Erstellung der benötigten Datenbank, die Fehlersuche, die Kalibrierung der Einzelmodelle, die Validierung des Gesamtmodells und das Simulieren von Szenarien. Die Datenaufbereitung (Sammlung, Sichtung und Modellschätzung) wird als die arbeitsintensivste Phase eingeschätzt. Sie kann bei umfangreichen Modellen bis zu 3 Jahren dauern. Es ist von Vorteil die drei Teilaufgaben iterativ durchzuführen. Es ist deshalb kaum möglich diese Arbeitsschritte zu trennen. Es folgen Fehlersuche, Kalibrierung, Validierung und die Simulation. Kalibrierung und Validierung können bei umfangreichen Modellen bis zu 2 Jahre in Anspruch nehmen.

Die Kosten einer Operationalisierung werden im unteren sechsstelligen Bereich geschätzt. Bei umfangreichen Modellen können die Kosten auch zwischen eineinhalb bis drei Millionen Schweizer Franken liegen. Die Ausgangslage spielt ebenfalls eine entscheidende Rolle. Ist für den betreffenden Perimeter noch nie ein Modell entwickelt worden, sind die Kosten im oberen Bereich der Kostenschätzungen anzusiedeln.

Die grössten Kosten dürften nach den Einschätzungen zur Bezahlung der Arbeitskraft anfallen. Die Daten können jedoch auch sehr kostenintensiv sein. Vor allem wenn neue Daten erhoben werden müssten. Die Kosten für die Software sind meist zu vernachlässigen. Da die Arbeit von externen Büros durchgeführt wird, ist der Preis für die Software in den Honoraren enthalten. Finanziert wurden die Projekte von den Behörden. Die Entwicklung und Weiterentwicklung der Modellsoftware wird oft über Forschungsprojekte finanziert.

Ein Problem bei der Operationalisierung war die sich stark verändernden Angaben der Planer über zukünftige Entwicklungen. Dies führt zu variierenden Eingabedaten und zeigt damit auch die Ungewissheit über die Annahmen auf. Eine weitere genannte Schwierigkeit lag im Umgang mit ständig wechselnden Kontakten zu den Planern. Auch die Existenz von mehreren Modellen kann zu Problemen führen, da sich die Resultate gegenseitig in Frage stellen können. Als Herausforderung wird der beachtliche Aufwand zur Operationalisierung genannt.

Modellerweiterungen sind für alle Operationalisierungen möglich und erwünscht. In den Niederlanden wird eine neue Modellversion entwickelt mit zusätzlichen Modellen der Demographie, des Wohnungsmarktes und des Arbeitsmarktes. Auch für UrbanSim sind neue Module in diesen Bereichen geplant.

Entwicklung

Die Softwareimplementierung eines Modellsystems erfolgt in der Regel an einer Universität. Die Zusammenarbeit mit den Behörden ist dabei von Beginn weg ein zentrales Element, da die Bedürfnisse der späteren Anwender die Entwicklung massgeblich beeinflussen. Zudem wird die Datengrundlage zu einem grossen Teil von den Behörden zur Verfügung gestellt. In den USA werden die Softwarepakete meist für und mit MPOs entwickelt. Die Aufgaben der beteiligten Behörden sind üblicherweise Verkehrs- oder Raumplanung.

Die vollständige Entwicklung eines Flächennutzungsmodells dauert mehrere Jahre. Ein erster Prototyp kann dabei nach ca. 3 Jahren erwartet werden. In der Regel wird der Prototyp in weiter führenden Projekten verbessert und ausgebaut.

Die folgenden Entwicklungsphasen können unterschieden werden:

1. Beurteilung des Anwenders (Wer ist der Anwender? Was sind die Politiken, welche die Institution kontrolliert? Welche Rahmenbedingungen gibt es für die Politiken? Welche Fragen werden an das Modell gestellt? Welche Indikatoren sind zur Beantwortung notwendig?)
2. Spezifikation des Modells unter Berücksichtigung der Bedürfnisse
3. Beurteilung der Sensitivität des Modells bezüglich der berücksichtigten Politiken
4. Datenbeschaffung
5. Anpassung der Modellspezifikation bezüglich der Konsistenz mit der Datengrundlage
6. Modellschätzung (Verlangt unter Umständen eine neue Spezifikation)
7. Kalibrierung (idealerweise wird ein vergangener Zeitraum simuliert, um die Berechnungen auf dem Hintergrund der erhobenen Daten zu reflektieren)
8. Validierung des Gesamtmodells mittels Sensitivitätsanalyse
9. Anwendung / Simulation
10. Interpretation der Resultate

Die Entwicklungsphasen greifen stark ineinander, indem eine iterative Vorgehensweise gewählt wird. Auch hängen die Entwicklungsphasen stark von der Ausgangssituation ab. Für die Befragten war es deshalb schwierig die Dauer der einzelnen Entwicklungsphasen anzugeben. Die Datenbeschaffung und -aufbereitung wird aber als arbeitsintensivste Phase erachtet.

In den Fällen der Befragten werden die Entwicklungsprojekte an Universitäten erarbeitet und geleitet. Die leitenden Person ist von entscheidender Bedeutung. Nach einer Aussage von Barry Zondag sollte die leitende Person die Fähigkeit haben Disziplinen übergreifend zu arbeiten. Die Behörden werden in den Entwicklungsprozess einbezogen, um ihre Bedürfnisse berücksichtigen zu können.

Die Kosten für die Entwicklung einer Software sind substantiell und höher als bei einer Operationalisierung. Sie sind aber sehr schwierig zu schätzen, da die untersuchten Modelle auf Vorgängerversionen aufbauen, welche ihrerseits jahrelange Entwicklungsgeschichten haben. Die meiste Entwicklungsarbeit wird dabei von Forschungseinrichtung getätigt. Die Arbeitskraft verursacht dabei mit Abstand am meisten Kosten.

Die Datenanforderungen sind die gleichen für die Entwicklung und die Operationalisierung. Dabei darf nicht vergessen werden, dass neben den Daten für das Basisjahr auch Daten zur Entwicklung benötigt werden. Die Minimalanforderungen unterscheiden sich aber erheblich nach Umfang und Detailgrad (abhängig von Bedürfnissen bzw. Ansprüchen) des Modells. Es braucht minimale Daten zur Bevölkerung (Haushalte oder Personen), Immobilienbestand (Geschossflächen mit Nutzungen), Beschäftigung pro Sektor, Preise für Nutzflächen, generalisierte Kosten im Verkehrssystem und Beobachtungen zu Standortentscheidungen (Umzüge, Zuzüge).

Bei allen Modellsystemen sind Erweiterungen möglich und geplant. Bei TIGRIS XL und UrbanSim werden Demographiemodule integriert. Bei UrbanSim sind zudem Verbesserungen in diversen Teilmodellen insbesondere in den Hilfsmitteln zur Datenaufbereitung geplant. Des Weiteren ist vorgesehen neue soziale, ökonomische und ökologische Indikatoren zur Verfügung zu stellen. Die Entwickler von DELTA wollen Agglomerationseffekte integrieren.

Einschätzungen bezüglich des Nutzens

Die Mehrheit der Experten empfiehlt eine Operationalisierung einer existierenden Software. Dies hängt einerseits mit dem grossen Aufwand einer Eigenentwicklung zusammen und andererseits mit der hohen Flexibilität, welche die existierenden Modellsysteme aufweisen. Es wird aber darauf hingewiesen, dass auch bei der Operationalisierung mit einem gewissen Programmieraufwand zu rechnen ist. Das Anpassen der Software ist wahrscheinlich wegen unterschiedlichen Grundlagendaten und Bedürfnissen. Zudem wird darauf hingewiesen, dass die Programmierung das notwendige Modellverständnis fördert. Eine Eigenentwicklung hat den Vorteil, dass eine massgeschneiderte Lösung entwickelt werden kann und später auch angepasst werden kann. Dieser Zugang zum Programmcode wird aber auch von open source Modellsystemen gewährt.

Die Kosten für eine Operationalisierung werden von den Interviewpartnern auf zwischen 150'000 und 2.8 Millionen Schweizer Franken geschätzt. Die Gründe für das grosse Intervall der Schätzungen sind die fehlenden Detailkenntnisse der Befragten zur Datengrundlage in der Schweiz und zu den Bedürfnissen des ARE. Die Kosten für eine Eigenentwicklung liegen nach Expertenmeinungen beträchtlich höher. Die Unterhaltskosten können auch stark variieren, was mit allfälligen Anpassun-

gen und Weiterentwicklungen zusammenhängt. Die genannte Beträge (in Franken) lagen sechs stelligen Bereich. Als Richtgrösse können die Kosten für den Unterhalt des Verkehrsmodells dienen.

Es werden folgenden Nutzen eines nationale integrierten Verkehrs- und Flächennutzungsmodells genannt:

- Umfassendere Betrachtungsweise von Verkehrs- und Flächennutzungsfragen
- Neue Fragestellungen können beantwortet werden
- Ermöglichung quantitativer Aussagen
- Verbesserte Zusammenarbeit und Koordination
- Erhöhte Konsistenz
- Systematischer Ansatz
- Verbesserte Eingabedaten für Verkehrsmodelle

Als Risiken nennen die Experten:

- Zu hohe Ambitionen und Erwartungen
- Die hohen Anforderungen an die Daten (v.a. bei Mikrosimulationen). Dies betrifft einerseits den Umfang und die Notwendigkeit von Daten bezüglich des Auslandes, andererseits die Datenqualität. Es ist wahrscheinlich, dass diese nicht optimal ist, da die Daten für andere Zwecke erhoben worden sind. Dies könnte potentiell auch eigene Datenerhebungen nötig machen.
- Viele Datenherren, was die Datenaufbereitung erschwert
- Widersprüchliche Resultate bei mehreren Modellen
- Die Sprachgrenzen in der Schweiz sind ein Sonderfall, der zu beachten ist im Bezug auf die Binnenmigration.
- Mangelnde Akzeptanz bei Kantonen
- Exakter Nutzen ist schwer abschätzbar

Die Chancen, welche die Experten nennen, sind:

- Quantitative Berücksichtigung des Rückkopplungsprozesses zwischen Verkehrs- und Flächennutzungsentwicklung. Damit verbessert sich die Information von Politikentscheidern in beiden Bereichen.
- Grosses Potential (vor allem von hoch aufgelösten Modellen) an zusätzlich adressierbaren Fragen
- Verbesserung der Verkehrsprognosen
- Grundsätzlich grosse Datenressourcen, welche in der Schweiz vorhanden sind
- Vorhandene interessierte Personen

- Erbrachter Machbarkeitsbeweis nationaler Modelle in anderen Ländern
- Erfahrungen, welche in anderen Ländern vorhanden sind

Ratschläge der Experten für ein erfolgreiches Projekt sind:

- Es ist wichtig einen zentralen Entwickler zu haben, welcher die verschiedenen beteiligten Disziplinen zusammenführen kann.
- Auf nationaler Ebene sollte ein Modell mit mehreren Ebenen angestrebt werden.
- Qualifizierte Arbeitskräfte sind der Schlüssel. Es sind Fähigkeiten in der Datenverarbeitung (geographische Daten und Tabellen) und in der Modellschätzung (Regressions- und Entscheidungsmodelle) notwendig. Zusätzlich sollten Personen im Team sein, welche sich mit Landnutzungsdaten und -regulierungen auskennen. Auch braucht es einen Experten, der das Verkehrsmodell kennt.
- Die Erwartungen sollten nicht zu hoch sein. Man kann kein perfektes Modell erwarten, erst recht nicht im ersten Anlauf. Es wird Verbesserungen geben.
- Es braucht ein realistisches Budget und einen realistischen Zeithorizont.
- Das ARE und das entwickelnde Team sollten enthusiastisch sein.
- Die Unterstützung von Verkehrsmodellierern und den planenden Behörden ist notwendig.
- Die Ressourcen und Erwartungen müssen aufeinander abgestimmt werden.
- Die Bedürfnisse müssen so genau wie möglich abgeklärt werden.
- Entscheidungsträger bzw. planende Behörden sind von Beginn weg zu integrieren, da so sicher gestellt wird, dass auch politisch relevante Fragen vom Modell adressiert werden können.
- Die Zusammenarbeit mit erfahrenen Spezialisten ist anzustreben.

7.3.2 Bedürfnisse und Möglichkeiten potentieller Anwender

Informationsstand potentieller Anwender

Der Informationsstand der Befragten ist unterschiedlich. Es zeigt sich, dass alle Befragten Kenntnisse über Verkehrsmodelle haben. Es haben aber alle Befragten eine konkrete Vorstellung darüber, was ein integriertes Flächennutzungs- und Verkehrsmodell ist, allerdings variieren diese Vorstellungen stark. Die Modellsysteme, welche in diesem Bericht vorgestellt werden, sind nicht bekannt. Nur einer der vier befragten potentiellen Anwender hat schon mit einem Flächennutzungsmodell gearbeitet. Es handelte sich dabei um ein rudimentäres Modell, welches bei Ernst Basler und Partner entwickelt wurde. Mit dem Modell wurden Fragestellungen auf lokaler Massstabebene bearbeitet.

Erwartungen

Die befragten potentiellen Anwender nennen folgende Anwendungszwecke:

- Kantons Grenzen überschreitende Koordination, dank einheitlichen und damit vergleichbaren Indikatoren
- Beurteilung von Agglomerationsprogrammen
- Beurteilung von Grossinvestitionen
- Erstellung von quantitativen Analysen
- Beurteilung von rechtlichen Regulierungen
- Identifikation von funktionalen Räumen
- Ermittlung von Verdichtungsmöglichkeiten, insbesondere in Zentrumsgebieten
- Erarbeitung von Gesamtverkehrskonzepten
- Erstellung des Gesamtverkehrsberichtes
- Überprüfung von Gestaltungsplänen indem Berechnungen mit einem Flächennutzungsmodell verlangt werden
- Abklärung der Auswirkungen eines Infrastrukturausbaus

Bezüglich der Anwendungsfälle wird klar, dass sich die Befragten vor allem regionale und lokale Anwendungen wünschen. Man ist sich bewusst, dass es dazu massstabsgerechte Modelle bräuchte. Zur Koordination und Kommunikation über die entsprechenden Grenzen hinweg wird ein nationales Modell als sinnvoll erachtet. Es wird auch erwähnt, dass eine möglichst automatisierte Analyse vorteilhaft wäre.

Die potentiellen Anwender würden für die Beantwortung der folgenden Fragen Unterstützung von einem integrierten Flächennutzungs- und Verkehrsmodell erwarten:

- Wie viel Entwicklung ist noch möglich bei gegebenem Verkehrsnetz?
- Was sind die Alternativen?
- Wie entwickeln sich die Szenarien?
- Sind die Annahmen, welche wir über die Entwicklung einer Region machen sinnvoll?
- Wie beeinflussen Politikentscheide die Finanzen?
- Lohnen sich die Investitionen?
- Können wir uns den Unterhalt leisten?
- Wer sollte die Massnahme finanzieren?
- Welche Raumordnungspolitik soll der Bund verfolgen?

- Wo sind die funktionalen Regionen?

In den Fragen zeigt sich die regionalen Optik. Dies verdeutlicht die Wichtigkeit der Anschlussfähigkeit für Kantone und Regionen. Die Fragen müssten im Hinblick auf regionale Flächennutzungsmodelle konkretisiert werden.

Bezüglich des gewünschten Realisierungszeitpunktes ist man sich einig, dass ein integriertes Modell möglichst rasch vorhanden sein sollte. Eine Person weist darauf hin, dass ein solches Modell für die Agglomerationsprogramme besonders interessant wäre. Diese werden im Vierjahreszyklus revidiert.

Die befragten potentiellen Anwender sehen folgende Chancen:

- Bessere Auswertung der vorhandenen Daten
- Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Flächennutzung und Verkehr
- Erstellung sinnvollerer Gesamtkonzepte
- Abstimmung der nachfrageorientierten Raumplanung (Standortwettbewerb)
- Gewährleistung der Vergleichbarkeit durch übergeordnete Standardisierung
- Möglichkeit zu quantitativen, konkreten Aussagen
- Frühzeitiges erkennen von Problem

Folgende Risiken werden von den befragten potentiellen Anwender genannt:

- Falsche Annahmen als Input
- Zu wenig Anwendungsmöglichkeiten auf regionaler und lokaler Ebene, was zu mangelnder Nachfrage an Modellresultaten führen könnte
- Überregulierung durch den Bund

Einstellung

Grundsätzlich ist die Einstellung gegenüber einem nationalen Modell positiv. Das Interesse wird zwischen mittel und gross eingeschätzt. Für alle befragten potentiellen Anwender ist jedoch ein Modell auf regionaler oder lokaler Massstabsebene interessanter und viel versprechender. Es wird dementsprechend von allen befürwortet das nationale Modell zu verfeinern.

Die befragten Institutionen sind bereit Unterstützung zu bieten. Einmal wird die Bedingung der lokalen Einsatzfähigkeit gestellt. Als mögliche Beiträge werden das Einbringen der regionalen und kommunalen Sichtweise, der Austausch von Daten (auch Planungen) und die Beteiligung an der

Operationalisierung genannt. Es kann festgehalten werden, dass sich keine der befragten Organisationen durch ein nationales Flächennutzungsmodell in ihrer Position konkurrenziert sieht.

8 SWOT-Analyse

Die SWOT-Analyse stellt die Eignungskriterien (Bedingungen) für ein schweizweites Flächennutzungsmodell den erhobenen Charakteristiken der drei ausgewählten Flächennutzungsmodelle DELTA (DA), TIGRIS XL (TX) und UrbanSim (US) gegenüber. Es wurde versucht die Kriterien zu operationalisieren. Dies ist aber nicht vollständig gelungen, da die Anforderungen genauer bekannt sein müssten. Die Analyse ist qualitativ.

Eine genauere Beurteilung ist erst möglich, wenn konkretere Zielsetzungen bekannt sind. Diese könnten beispielsweise anhand eines Anwendungsfall erarbeitet werden. Im Folgenden seien zwei mögliche Beispiele genannt:

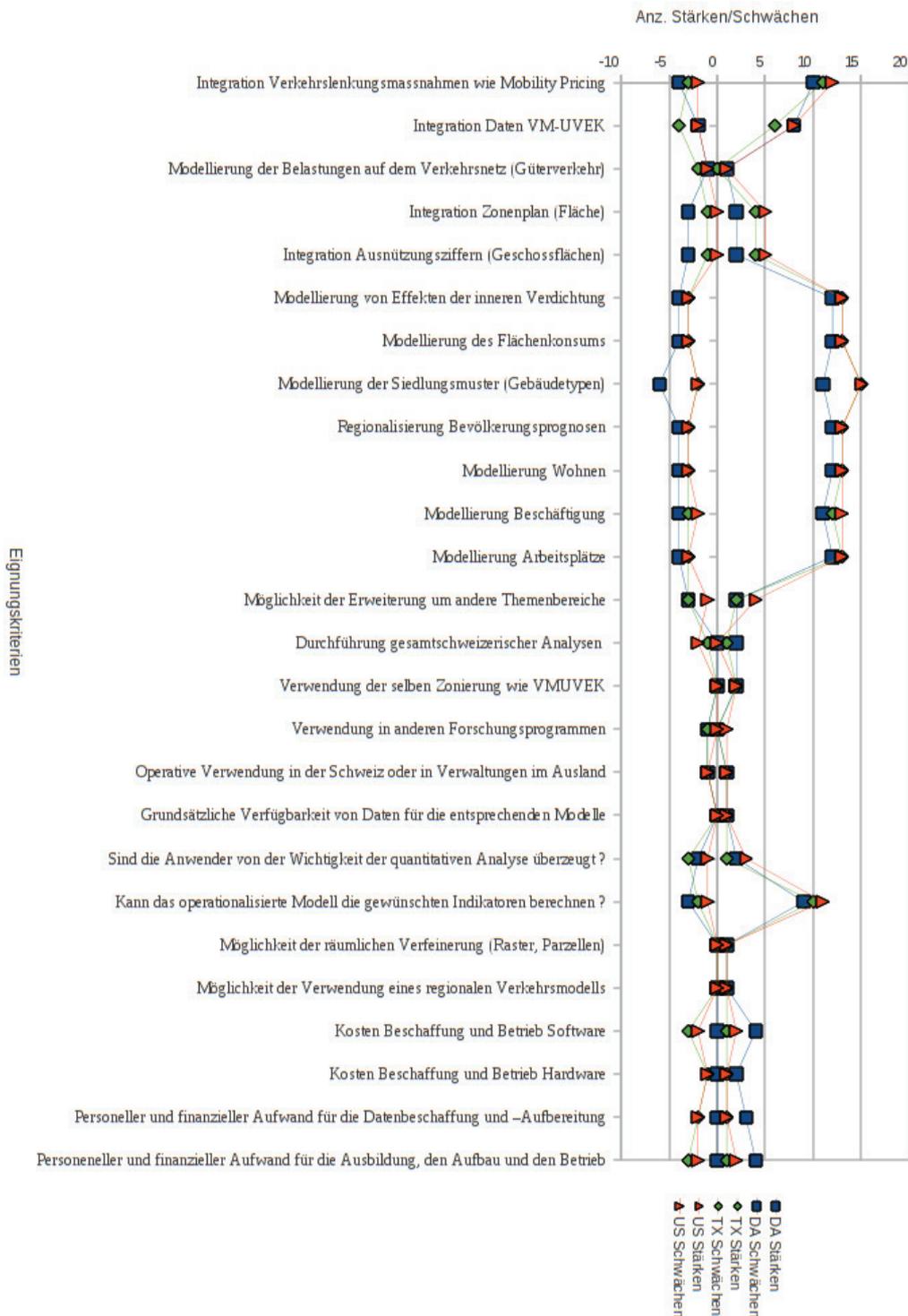
1. Das Modell soll die Wirkungen von vorgegebenen Richtwerten der Bauzonenbemessung (Nutzungsdichten) im Zuge der Revision des RPG respektive die Kontingentierung gemäss Landschaftsinitiative (Spezialfall) auf die MONET-Indikatoren zeigen (Bundesamt für Statistik BfS, 2009).
2. Das Modell soll die Wirkungen von baulichen und betrieblichen Massnahmen an der Verkehrsinfrastruktur auf nationaler Ebene auf die räumliche Entwicklung anhand der MONET-Indikatoren zeigen.

Den Autoren ist bewusst, dass das Set der MONET-Indikatoren sehr ausführlich ist. Es wird deshalb nötig sein für eine erste Basisvariante, wie sie auf Seite 66 beschrieben ist, eine Auswahl anhand einer Priorisierung vorzunehmen.

Als Arbeitsinstrument für die SWOT-Analyse dient eine OpenOffice Tabellenkalkulation, damit die Modellsysteme möglichst einheitlich (da teilweise automatisiert) und systematisch verglichen werden können. Damit die Beurteilung nachvollziehbar ist, wird ein Beurteilungsraster erstellt (Anhang A 3). Die Beurteilung führt zu den Stärken-Schwächen-Profilen der Modellsysteme (siehe Abbildung 7). Auf die Erstellung von Chancen-Gefahren-Profilen wurde an dieser Stelle verzichtet, da das Ziel bzw. die möglichen Strategie unzureichend definiert sind. Die tabellarische Form findet sich im Anhang A 4.

Die Unterscheidungskriterien *Umfang* und *Enthaltenes Verkehrsmodell* der Charakterisierung wurden für die Stärken-Schwächen-Profile gelöscht. Die Unterscheidungskriterium *Umfang* ist eine Zusammenfassung der vorhandenen Teilmodelle, was zu einer Mehrfachbewertung führen würde. Keines der drei analysierten Modell enthält ein Verkehrsmodell, weshalb die Variable *Enthaltenes Verkehrsmodell* nicht berücksichtigt wird.

Abbildung 7 Stärken-Schwächen-Profile



An den graphischen Profilen ist erkennbar, dass sich die Modellsysteme ähnlich sind. UrbanSim wird leicht positiver beurteilt als DELTA und TIGRIS XL. Im Bereich der Ressourcen trifft dies allerdings nicht zu. In diesem Bereich hat das aggregierte Modellsystem DELTA Vorteile. In der zu-

sammenfassenden Gegenüberstellung (Tabelle 9) ist ersichtlich, dass DELTA und TIGRIS XL sehr nahe beieinander liegen, während sich UrbanSim etwas absetzt.

Tabelle 9 Zusammenfassung der Stärken und Schwächen

	DELTA	TIGRIS XL	UrbanSim
Anzahl Stärken / Chancen	139	141	155
Anzahl Schwächen / Risiken	53	51	37

Die Schlussfolgerungen der SWOT-Analyse sind, dass grundsätzlich alle Modellsysteme verwendet werden könnten. Dennoch hat die Analyse gezeigt, dass UrbanSim leichte Vorteile gegenüber den beiden anderen Modellsystemen besitzt. Diese Vorteile resultieren aus der grossen Flexibilität und der breiten Anwenderschaft. Diese erste Empfehlung ist auf dem Hintergrund der konkretisierbaren Definition von Anforderungen zu sehen.

9 Erstellung

Grundsätzlich gibt es die Möglichkeit ein eigenes Flächennutzungsmodell zu entwickeln oder auf einem bestehenden Modell aufzubauen. Entscheidet man sich auf einem bestehenden Modell aufzubauen, gibt es zwei Ansätze zur Operationalisierung eines bestehenden Flächennutzungsmodells. Entweder wird von Beginn weg ein umfassendes Modell geplant oder ein Flächennutzungsmodell erstellt, das zuerst einen minimalen Umfang hat, das aber Schritt für Schritt ausgebaut werden kann.

9.1 Modell

Ein eigenes Flächennutzungsmodell zu entwickeln erachten die Autoren als nicht sinnvoll, da es mittlerweile diverse ausreichend weit entwickelte und bewährte Modelle gibt, die zudem meist beliebig angepasst werden können. Die SWOT-Analyse der drei ausgewählten Modelle ergab leichte Vorteile für UrbanSim, insbesondere bezüglich der Flexibilität in der räumlichen Auflösung (Parzelle, Raster, Zelle) und in der Qualität der Benutzeroberfläche. Weil zudem für UrbanSim KnowHow in der Schweiz vorhanden ist und weltweit ein breite Anwender Community besteht, ist UrbanSim sicher geeignet, um die aktuellen und die zukünftigen Bedürfnisse des ARE in idealer Weise abzudecken.

Der definitive Entscheid für ein Modell sollte jedoch trotzdem erst nach der genauen Festlegung des aktuellen Anwendungsfalls und der voraussichtlichen Weiterentwicklung getroffen werden.

9.2 Varianten

Ebenso erachten es die Autoren als nicht sinnvoll von Anfang an ein umfassendes Modell operationalisieren zu wollen. Wir empfehlen schrittweise vorzugehen.

Es werden deshalb zwar die zwei Varianten „Basis“ und „State of the art“ definiert³⁰. Diese beiden Varianten sind jedoch als verschiedene Ausbaustufen zu verstehen, wobei die Variante „Basis“ die erste mögliche Ausbaustufe und die Variante „State of the art“ gemäss den aktuellen Möglichkeiten die maximale Ausbaustufe darstellt.

³⁰ Auf die Beschreibung einer Minimal- und Maximalvariante gemäss Ausschreibung wird deshalb verzichtet.

Weil die Basisstufe ausbaubar sein muss, muss bei der Operationalisierung der Basisvariante darauf geachtet werden, dass das Modell inhaltlich (modellierte Prozesse), räumlich (Auflösung) und zeitlich (Simulationsschritte) erweitert respektive verfeinert werden kann. Die Tabelle 10 charakterisiert die beiden Ausbaustufen.

Tabelle 10 Varianten

	Basis	State of the art
Modellierte Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> • Wohnen (Standortwahl Haushalte) • Arbeiten (Standortwahl Unternehmen) 	Zusätzlich ³¹ : <ul style="list-style-type: none"> • Immobilienentwicklung • Bodenpreise • Bevölkerungsprognose • Makroökonomische Effekte • Umweltprozesse • Güterverkehr • Neue Regulierungen in der Raumplanung (Marktwirtschaftliche Instrumente)
Räumliche Auflösung	Gemeinden, verfeinert in den grössten Städten (analog VM-UVEK)	Parzellen ³²
Simulationsschritte	5 Jahre (analog VM-UVEK)	1 Jahr

Für die Basisvariante wird die Verwendung der Zonenversion von UrbanSim empfohlen. Es handelt sich dabei um die neuste Version von UrbanSim, welche mit beliebig definierbaren Zonen als räumlicher Grundreferenz arbeitet. Alle notwendigen Daten werden einer dieser Zonen zugewiesen. Für die Basisvariante würden die Bezirke des Verkehrsmodells als Zonen verwendet. Dies gewährleistet die Konsistenz und einfache Datenübernahme aus dem Verkehrsmodell. Die Übernahme der administrativen Gebiete als Zonen erleichtert zudem die Verwendung von Registerdaten, die auf diese Einheiten regionalisiert sind.

³¹ Es werden diejenigen Prozesse aufgeführt zu denen bereits Modelle bestehen.

³² In Puget Sound Region läuft ein umfangreiches UrbanSim Modell auf Parzellenbasis in dem ca. eine Million Parzellen modelliert werden. Die Laufzeit für ein 40 Jahresszenario beträgt ca. 6 Tage, wenn das Verkehrsmodell alle 5 bis 10 Jahre gerechnet wird. Das Flächennutzungsmodell nimmt 2 der 6 Tage in Anspruch. Eine grobe Abschätzung für die Schweiz ergibt ca. 7 bis 9 Millionen Parzellen für die ganze Schweiz. Dies weist darauf hin, dass ein nationales Parzellenmodell möglich wäre, jedoch erhebliche Rechenzeiten zu erwarten sind.

Es empfiehlt sich von einem Beispielmmodell auszugehen. Solche sind im Download von UrbanSim enthalten. Die vorhandenen Daten und Modelle werden danach sukzessive mit Eigenen ersetzt. Die notwendigen Inputdaten sind:

1. Geodaten zu Haushalten
2. Geodaten zu Arbeitsplätzen
3. Jährliche Kontrollgrößen zu Beschäftigten und Haushalten
4. Jährliche Umzugsraten von Arbeitsplätzen und Haushalten
5. Durchschnittswerte zu Gebäudetypen pro Zone
6. Flächenverbrauch pro Arbeitsplatz
7. Definition von Gebäudetypen (mindestens 2 für Wohnnutzung und mehrere für andere Nutzungen)
8. Historie von Entwicklungsprojekten
9. Definition von Wirtschaftssektoren (Aggregate der NOGA-Klassen)
10. Definition von Heimarbeitsplätzen
11. Zielgrößen für Leerstandsziffern
12. Quell-Zielmatrix mit Reisezeiten

Die Basisvariante umfasst zunächst nur ein Modell zur Wohn- und Arbeitsplatzstandortwahl. Die Regionalisierung der Bevölkerungs- und Konjunkturprognosen wird in das Modell einbezogen und damit endogen. Neben den Daten zur Erstellung des Basisjahres (welches dann fortgeschrieben wird) sind Daten zur Schätzung des Umzugs- und Standortwahlverhaltens notwendig, wenn eigene Modelle geschätzt werden sollen. Es können auch die vordefinierten Parameter in UrbanSim verwendet werden, allerdings wird damit implizit das Verhalten in den USA angenommen.

In einem weiteren Ausbauschritt können die Immobilienentwicklung sowie die Immobilienpreisentwicklung endogenisiert werden. Auch für diese Prozesse stellt UrbanSim Datenstrukturen und Modellierungswerkzeuge zur Verfügung. Eine weitere Ausbaumöglichkeit liegen in der integrierten Modellierung der Bevölkerungsentwicklung.

Mit der Entwicklung der Basisvariante sollten Schnittstellen als Anschlussmöglichkeit für kantonale, regionale oder sogar kommunale Modelle definiert werden. Dies würde es interessierten Körperschaften erleichtern regional verfeinerte Modelle (z.B. auf Parzellenniveau oder zusätzlichen Teilmodellen) anzuschliessen. Der modulare Aufbau, die freie Verfügbarkeit, die breite Anwenderschaft und die vorhandene Parzellenversion von UrbanSim sprechen für die Umsetzbarkeit dieses Szenarios.

9.3 Arbeitsschritte

Basierend auf den in Kapitel 7 beschriebenen Empfehlungen der befragten Experten wird in diesem Kapitel eine Vorgehensweise zur Implementierung eines Flächennutzungsmodells in ihren Arbeitsschritten beschrieben. Obwohl die Arbeitsschritte klar abgrenzt sind, können sie teilweise parallel durchgeführt werden. Zudem ist damit zu rechnen, dass Iterationen notwendig sein werden.

9.3.1 Schritt 1: Initialisierung

Projektorganisation

In jedem Fall ist es wichtig ein günstiges politisches Klima für die Implementierung eines nationalen Flächennutzungsmodells zu schaffen. Die Autoren sind der Meinung, dass viele Parallelen zur Implementierung des nationalen Verkehrsmodells bestehen. Das Aufzeigen dieser Parallelen wird den Beteiligten helfen eine gemeinsame Vorstellung über die Implementierung eines Flächennutzungsmodells zu erlangen. Dieses günstige politische Klima kann insbesondere durch eine geeignete Projektorganisation und -kommunikation erhalten werden.

Zur Umsetzung der Basisvariante wird empfohlen, den inhaltlichen Umfang klein zu halten und nur die fachlich betroffenen Stellen aktiv einzubinden, um die Operationalisierung zu beschleunigen. Spätestens wenn die Basisvariante operationalisiert ist, sollte eine Zusammenarbeit respektive Koordination zwischen dem ARE und den Kantonen sowie anderen Bundesämtern etabliert werden. Synergien können durch die Harmonisierung der Daten, die Zusammenarbeit bei der Schätzung von Parametern für die Modellierung und bei der Beurteilung des Outputs aus den Modellen (Indikatoren) genutzt werden. Falls das ARE ein Modell wählt, das beliebig verfeinert werden kann, könnte das ARE sogar das gesamte Modell interessierten Kantonen abgeben. Längerfristig muss auch der Kontakt zu Immobilienbranche (Bewerter, Banken) gesucht werden. Je besser die Mechanismen von Investitionsentscheiden modelliert werden können, desto besser können die tatsächlichen Effekte von Planungsvarianten vorausgesagt werden.

Die Erfahrungen der befragten Experten zeigen, dass es sich lohnt mit externen Spezialisten (Universität oder spezialisierte Beratungsfirma) zusammen zu arbeiten.

Einarbeitung

Es ist notwendig, dass sich die Bearbeiter des Projekts vertieft in das Thema der Flächennutzungsmodellierung einarbeiten. Die vorliegende Studie kann dieser Phase zugeordnet werden.

9.3.2 Schritt 2: Definition Anwendungsfall

Der Definition eines klaren Anwendungsfalls kommt eine entscheidende Bedeutung zu. Der Workshop zu Beginn dieses Projekts hat gezeigt, dass die Erwartungen innerhalb des ARE an ein Flächennutzungsmodell hoch sind und auf Grund des breiten Themenspektrums des ARE gleichzeitig auch verschiedenste Themen betreffen. Für jeden Ausbauschnitt aber insbesondere zur Operationalisierung der Basisvariante muss der Anwendungsfall und explizit auch die noch nicht beantwortbaren Fragestellungen beschrieben werden. Es ist wichtig, dass die Beschreibung des Anwendungsfalls deutlich detaillierter erfolgt als diese bisher (siehe Seite 13) vorliegt. Insbesondere der erwartete Output (z.B. die zu berechnenden Indikatoren) muss genau definiert werden.

9.3.3 Schritt 3: Datenaufbereitung

Datensammlung

Die Datenaufbereitung wird von den Experten als die zeitintensivste Phase betrachtet. Zumindest die Sammlung der Daten sollte für das ARE jedoch relativ rasch möglich sein, weil das ARE über die meisten Daten bereits verfügt und auch schon damit gearbeitet hat.

Modellschätzung

Die Modellschätzung ist ein Arbeitsschritt bei dem externe Unterstützung sinnvoll ist, da die notwendigen zusätzlichen Kenntnisse (Regressions- und Entscheidungsmodelle) im Moment intern im ARE nicht vorhanden sind.

Aufbau Datenbank

Der Aufbau der Datenbank hingegen ist ein Schritt, der einigen Aufwand mit sich bringt, der jedoch vergleichsweise geringe Risiken beinhaltet, da er ein rein technischer Schritt ist.

9.3.4 Schritt 4: Aufbau Modell

Beim Aufbau des Modells werden im Allgemeinen die Arbeitsschritte „Fehlersuche“, „Kalibrierung“ und „Validierung“ unterschieden. Es ist zu erwarten, dass mehrere Iterationen durchgeführt werden müssen, bevor das Modell die Validierung besteht. Es kann nicht im ersten Durchlauf ein perfektes Modell erwartet werden. Dementsprechend ist es auch schwierig für diese Phase eine Zeitschätzung abzugeben. Auch für diesen Schritt ist externe Unterstützung sinnvoll.

9.3.5 Schritt 5: Simulation

Die Berechnung der Simulation läuft im Idealfall ohne manuelle Interaktion. Je nach Umfang des Modells ist jedoch mit mehreren Tagen bis Wochen Berechnungszeit zu rechnen.

9.3.6 Schritt 6: Interpretation

Die simulierten Resultate müssen interpretiert und geprüft werden, damit allfällige Korrekturen am richtigen Ort des Modells implementiert werden können.

9.4 Meilensteine

Gemäss den durchgeführten Befragungen dauert die erste Operationalisierung eines Flächennutzungsmodells, was in diesem Fall der Basisvariante entspricht, bis zu drei Jahre. Das ARE hat jedoch die folgenden zwei Vorteile:

- Das ARE verfügt einerseits über ein weit entwickeltes Verkehrsmodell und dadurch auch über Erfahrungen in der Modellierung.
- Die meisten der für die Realisierung der Variante „Basis“ notwendigen Datensätze kann das ARE einfach und rasch beschaffen.

Unter der Voraussetzung, dass das ARE externe Unterstützung und 100 Stellenprozent, verteilt auf mehrere Spezialisten, für den Aufbau des Flächennutzungsmodells einsetzen kann, erachten die Autoren einen Zeitrahmen von 2 Jahre für die Implementierung der Variante Basis als realistisch. Die interne Arbeit kann durchaus auf mehrere Spezialisten verteilt werden, es ist jedoch wichtig, dass sich eine Person vertieftes Spezialwissen in der Flächennutzungsmodellierung und gleichzeitig Generallistenwissen in allen anderen Disziplinen aneignen kann.

Externe Unterstützung ist insbesondere für die Modellschätzungen notwendig, da dieses Wissen innerhalb des ARE nicht vorhanden ist.

Aufgeteilt auf die einzelnen Arbeitsschritte ergibt dies die folgenden ungefähren Zeitaufwände:

Tabelle 11 Meilensteine

Arbeitsschritt	Projektquartal							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 Initialisierung	■	■						
2 Datenaufbereitung		■	■	■	■			
3 Aufbau Modell			■	■	■	■		
4 Simulation							■	■
5 Interpretation								■

9.5 Budget

Aus den Angaben der befragten Experten lässt sich kein exakt auf das ARE adaptierbarer Berechnungsschlüssel für den gesamten Aufwand ableiten. Dies liegt daran, dass sowohl die operationalisierten Modelle sehr unterschiedlich sind als auch die Verfügbarkeit der Daten.

Als geeignete Richtgrösse wurde jedoch immer wieder der Aufwand für das angebundene Verkehrsmodell herangezogen. Es hat sich bei vielen Interviews gezeigt, dass der Aufwand für die Implementierung und den Betrieb des Flächennutzungsmodells leicht über dem entsprechenden Aufwand für das Verkehrsmodell liegt.

Für eine externe Unterstützung durch Spezialisten in der Modellschätzung ist mit Aufwänden in der Grössenordnung von 50'000 CHF zu rechnen. Für die Unterstützung der internen Arbeiten während der gesamten Projektdauer müsste mit Aufwänden von weiteren rund 50'000 CHF über die zwei Jahre gerechnet werden.

10 Literatur

- Abraham, J.E. und J.D. Ortuzar (1999) Policy Analysis Using the Sacramento MEPLAN Land Use-Transportation Interaction Model, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, **1685**, 199-208.
- Abraham, J.E., T. Weidner, J. Gliebe, C. Willison und J.D. Hunt (2005) Three Methods for Synthesizing Base-Year Built Form for Integrated Land Use-Transport Models, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, **1902**, 114-123.
- Abraham, J.E. und J.D. Hunt (2007) Random Utility Location, Production, and Exchange Choice; Additive Logit Model; and Spatial Choice Microsimulations, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, **2003**, 1-6.
- Alonso, W. (1964) *Location and Land Use: Toward a General Theory of Land Rent*, Harvard University Press.
- Anas, A. (2002) The NYMTC-land use model final report, Alex Anas & Associates, New York.
- Anderstig, C. und L. Mattsson (1991) An integrated model of residential and employment location in a metropolitan region, *Papers in Regional Science*, **70** (2) 167-184.
- Arentze, T.A. und H.J.P. Timmermans (2004) A learning-based transportation oriented simulation system, *Transportation Research Part B*, **38** (7) 613-633.
- Arentze, T.A. und H.J.P. Timmermans (2007) A Multi-Agent Activity-Based Model of Facility Location Choice and Use, *disP*, **43** (170) 33-44.
- Arentze, T.A. und H.J.P. Timmermans (2003) A multiagent model of negotiation processes between multiple actors in urban developments: a framework for and results of numerical experiments, *Environment and Planning B*, **30** (3) 391-410.
- Beckmann, K., U. Brüggemann, J. Gräfe, F. Huber, H. Meiners, P. Mieth, R. Moeckel, H. Mühlhans, H. Schaub, R. Schrader, C. Schürmann, B. Schwarze, K. Spiekermann, D. Strauch, M. Spahn, P. Wagner und M. Wegener (2007) ILUMASS: Integrated Land-Use Modelling and

Transport System Simulation, *Endbericht*, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Berlin.

Benenson, I. und P.M. Torrens (2004) *Geosimulation : Automata-based Modelling of Urban Phenomena*, John Wiley & Sons, Hoboken.

Bosredon, M., A. Dobson, D. Simmonds, P. Minta, T. Simpson, K. Andrade, H. Gillies und K. Lumsden (2009) Transport/Economic/Land-Use Model of Scotland: Land-Use Modeling with DELTA, Konferenzbeitrag *11th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management (CUPUM)*, Hong Kong, Juni 2009.

Boyce, D. und Y. Zhang (1997) Calibrating Combined Model of Trip Distribution, Modal Split, and Traffic Assignment, *Transportation Research Record*, **1607**, 1-5.

Briassoulis, H. (2000) Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches, in S. Loveridge (hrsg.), *The Web Book of Regional Science*, Regional Research Institute, West Virginia University, Morgantown.

Bundesamt für Statistik BfS (2007) Mobilität in der Schweiz, Ergebnisse des Mikrozensus 2005 zum Verkehrsverhalten, *Statistik der Schweiz*, **94**, Bundesamt für Statistik (BfS), Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Neuchâtel, Bern.

Bundesamt für Statistik BfS (2009) MONET - Nachhaltige Entwicklung messen - Indikatorensystem zur Nachhaltigen Entwicklung, Bundesamt für Statistik BFS, Neuchâtel.

Bundesamt für Statistik BfS (2010) *Superweb*, erhältlich von: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/onlinedb/superweb.html>, Zugriffen am 28. Juli 2010.

Bürgle, M., M. Löchl, U. Waldner und K.W. Axhausen (2005) Land use and transport simulation: Applying UrbanSim in the Greater Zürich area, Konferenzbeitrag *9th Computers in Urban Planning and Urban Management Conference*, London, Juni 2005.

Caindec, E.K. und P. Prastacos (1995) A Description of POLIS. The Projective Optimization Land Use Information System, *Working Paper*, **95-1**, Association of Bay Area Governments, Oakland.

- Ciari, F., M. Balmer und K.W. Axhausen (2008a) Concepts for a large scale car-sharing system: Modelling and evaluation with an agent-based approach, *Working Paper*, 517, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Ciari, F., M. Löchl und K.W. Axhausen (2008b) Location choice of retailers - an agent-based approach, Konferenzbeitrag *15th International Conference on Recent Advances in Retailing and Services Science*, Zagreb, Juli 2008b.
- David Simmonds Consultancy Limited (2010) *David Simmonds Consultancy Limited*, erhältlich von: <http://www.davidsimmonds.com/>, Zugriffen am 23. April 2010.
- Domencich, T.A. und D. McFadden (1975) *Urban Travel Demand. A Behavioral Analysis*, North-Holland, Amsterdam.
- Ettema, D., K. Jong, H.J.P. Timmermans und A. Bakema (2007) Puma: Multi-Agent Modelling of Urban Systems, in E. Koomen, J. Stillwell, A. Bakema und H. J. Scholten (hrsg.), *Modelling Land-Use Change*, 237-258, Springer Netherlands.
- Fehr & Peers (2007) *An Assessment of Integrated Land Use/Transportation Models*, Southern California Association of Governments, Irvine, CA.
- Förster, R.D. (2009) *Overcoming implementation barriers of scientific simulation models in regional development: The Functions of Participatory Modeling*, Dissertation, ETH Zurich, Zurich.
- Geiger, M. (2007) Ein Simulator für die Raumplanung, *TEC21*.
- Gilbert, N.G. und K.G. Troitzsch (1999) Simulation as a method, in N. G. Gilbert und K. G. Troitzsch (hrsg.), *Simulation for the Social Scientist*, 14-26, Open University Press, Buckingham.
- Gläser, J. und G. Laudel (2004) *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen*, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Gruber, R., R. Zbinden und W.A. Schmid (2000) Räumliche Effekte von Swissmetro, Modellsimulation der Auswirkungen von Verkehrsinfrastrukturänderungen, Teil ORL-ETHZ von Projekt F5, *Berichte des NFP 41 "Verkehr und Umwelt"*, **F5b**, BBL/EDMZ, Bern.

- Haag, G. (1990) Master equations, in C. S. Bertuglia, G. Leonardi und A. G. Wilson (hrsg.), *Urban dynamics: Designing an integrated model*, 69-83, Routledge, London.
- Hensher, D.A. und T. Ton (2002) TRESIS: A transportation, land use and environmental strategy impact simulator for urban areas, *Transportation*, **29** (4) 439-457.
- Hilber, R., O. Pearce, M. Vinzens und M. Kellenberger (2008) Bauzonenstatistik Schweiz 2007, **812.090.d**, Bundesamt für Raumentwicklung ARE, Bern.
- Hunt, J.D. und J.E. Abraham (2003) Design and application of the PECAS land use modelling system, Konferenzbeitrag *8th Computers in Urban Planning and Urban Management Conference*, Sendai, Japan, 2003.
- Hunt, J.D., D.S. Kriger und E.J. Miller (2005) Current operational urban land-use–transport modelling frameworks: A review, *Transport Reviews*, **25** (3) 329-376.
- Iacono, M., D. Levinson und A. El-Geneidy (2008) Models of Transportation and Land Use Change: A Guide to the Territory, *Journal of Planning Literature*, **22** (4) 323.
- Jaeger, J.A., R. Bertiller, C. Schwick, D. Cavens und F. Kienast (2010) Urban permeation of landscapes and sprawl per capita: New measures of urban sprawl, *Ecological Indicators*, **10** (2) 427-441.
- Jones, P.M., M.C. Dix, M.I. Clarke und I.G. Heggie (1983) *Understanding Travel Behaviour*, Gower, Oxford.
- Landis, J. und M. Zhang (1998a) The second generation of the California urban futures model. Part 1: Model logic and theory, *Environment and Planning B: Planning and Design*, **25** (5) 657-666.
- Landis, J. und M. Zhang (1998b) The second generation of the California urban futures model. Part 2: Specification and calibration results of the land-use change submodel, *Environment and Planning B: Planning and Design*, **25** (6) 795 – 824.
- Lautso, K., K. Spiekermann, M. Wegener, I. Sheppard, P. Steadman, A. Martino, R. Domingo und S. Gayda (2004) PROPOLIS: Planning and Research of Policies for Land Use and Transport

for Increasing Urban Sustainability, *Report to the European Commission*, **EVK4-1999-00005**, Final Report, LT Consultants, IRPUD Universität Dortmund, Spiekermann & Wegener Urban and Regional Research, ME&P Marcial Echenique and Partners, UCL University College London, TRT Trasporti e Territorio, MECSA Marcial Echenique y Compañía, STRATEC, Finland.

Lee, D.J.H. (2009) 2009 TMA/MPO Modeling Activity Survey, Vortrag Texas, Januar 2009.

Lee, J., R.E. Klosterman, M. Salling und T. Kulikowski (2005) *METROPILUS*, erhältlich von: http://gis.kent.edu/gis/empact/lit_urb_md01.htm, Zugriffen am 23. April 2010.

Löchl, M., M. Bürgle und K.W. Axhausen (2007) Implementierung des integrierten Flächennutzungsmodells UrbanSim für den Grossraum Zürich – ein Erfahrungsbericht, *disP*, **168** 13-25.

Lowry, I.S. (1964) A Model of Metropolis, **RM-4035-RC**, RAND Corporation, Santa Monica.

Mackett, R.L. (1991) LILT and MEPLAN: a comparative analysis of land-use and transport policies for Leeds, *Transport Reviews*, **11** (2) 131-154.

Mahmassani, H.S. und K. Abdelghany (2003) Dynasmart-IP: Dynamic traffic assignment meso-simulator for intermodal networks, in W. H. K. Lam und M. G. H. Bell (hrsg.), *Advanced Modeling for Transit Operations and Service Planning*, 201-229, Pergamon, Oxford.

Martínez, F.J. (2007) *MUSSA*, erhältlich von: http://www.mussa.cl/E_index.html, Zugriffen am 23. April 2010.

Martínez, F.J. (2000) Towards a land use and transport interaction framework, in D. A. Hensher und K. Button (hrsg.), *Handbook of Transport Modelling*, 127-164, Elsevier, Den Haag.

Martínez, F.J. und R. Henríquez (2007) A random bidding and supply land use equilibrium model, *Transportation Research Part B*, **41** (6) 632-651.

MATSim Developer Team (2010) *Multi-Agent Transport Simulation*, *MATSim*, erhältlich von: <http://www.matsim.org/>, Zugriffen am 20. April 2010.

- Matter, D., S. Fuchs, C. Heye, T. Unternährer, B. Weilenmann, S. Fahrländer, R. Hilber und M. Vinzens (2008) Bauzonen Schweiz: Wie viele Bauzonen braucht die Schweiz?, *Schlussbericht*, **30008**, Bundesamt für Raumentwicklung ARE, Bern.
- McFadden, D. (1974) Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour, in P. Zarembka (Hrsg.), *Frontiers in Economics*, 105-142, Academic Press, New York.
- Metro Regional Government (2010) *Metro: Publications and technical papers*, erhältlich von: <http://www.oregonmetro.gov/index.cfm/go/by.web/id=24906>, Zugriff am 28. Juni 2010.
- Miller, E.J. (2009) Microsimulating Urban Systems: An Update on the Toronto ILUTE Project, Vortrag *IVT Seminar*, Zürich, November 2009.
- Miller, E.J., B. Farooq, F. Chingcuanco und D. Wang (2010) Microsimulating Urban Spatial Dynamics: Historical Validation Tests Using the ILUTE Model System, Konferenzbeitrag *Workshop on Urban Dynamics*, Marbella, Chile, März 2010.
- Miyamoto, K., R. Udomsri, S. Sathyaprasad und F. Ren (1996) A decision support system for integrating land use, transport and environmental planning in developing metropolises, *Computers, Environment and Urban Systems*, **20** (4-5) 327-338.
- MODELISTICA (2009) *Modelistica - Tranus*, erhältlich von: <http://www.modelistica.com/>, Zugriff am 19. Februar 2009.
- Moeckel, R. (2009) Simulation of firms as a planning support system to limit urban sprawl of jobs, *Environment and Planning B*, **36** (5) 883-905.
- Moeckel, R., B. Schwarze und M. Wegener (2006) Das Projekt ILUMASS–Mikro-Simulation der räumlichen, demographischen und wirtschaftlichen Entwicklung, *Stadt Region Land*, **81**, 53-62.
- Orcutt, G.H. (1990) The microanalytic approach for modeling national economies, *Journal of Economic Behavior & Organization*, **14** (1) 29-41.
- Parson Brinckerhoff Inc. (2008) *tlumip.org | Transport and Land Use Model Integration Program*, erhältlich von: <http://www.tlumip.org/>, Zugriff am 20. April 2010.

- PROPOLIS members (2005) *PROPOLIS Home page*, erhältlich von: <http://www1.wspgroup.fi/lt/propolis/>, Zugriffen am 20. April 2010.
- Putman, S. (1996) Extending DRAM Model: Theory-Practice Nexus, *Transportation Research Record*, **1552**, 112-119.
- Rho, J.H. und T.J. Kim (1989) Solving a three-dimensional urban activity model of land use intensity and transport congestion, *Journal of Regional Science*, **29** (4) 595-613.
- Salvini, P. und E.J. Miller (2005) ILUTE: An Operational Prototype of a Comprehensive Microsimulation Model of Urban Systems, *Networks and Spatial Economics*, **5** (2) 217-234.
- Schelling, T.C. (1969) Models of segregation, *American Economic Review*, **59** (2) 488-493.
- Schoemakers, A. und T. van der Hoorn (2004) LUTI modelling in the Netherlands: Experiences with TIGRIS and a framework for a new LUTI model, *EJTIR*, **4** (3) 315-332.
- Scholl, B., H. Elgendy, R. Nebel, M. Nollert, S. Rendigs, E. Celio, M. Vinzens, M. Howald, R. von Rotz und V. Erni (2010) Siedlungsflächenpotenziale für eine Siedlungsentwicklung nach innen - Modellvorhaben Raum+ Schwyz, *Schlussbericht*, Professur für Raumentwicklung, ETH Zürich, Zürich.
- Simmonds, D.C. (1999) The design of the DELTA land-use modelling package, *Environment and planning A*, **26**, 665-684.
- Simmonds, D.C. und O. Feldman (2005) Land-use modelling with DELTA: Update and experience, Konferenzbeitrag *9th Computers in Urban Planning and Urban Management Conference*, London, Juni 2005.
- Spiekermann & Wegener Urban and Regional Research (2009) *ILUMASS Integrated Land-Use Modelling and Transportation System Simulation (2001-2007)*, erhältlich von: http://www.spiekermann-wegener.de/pro/ilumass_e.htm, Zugriffen am 23. April 2010.
- SustainCity Consortium (2010) *IVT - SustainCity - SustainCity*, erhältlich von: <http://www.sustaincity.org/>, Zugriffen am 26. Juli 2010.

- Timmermans, H.J.P. (2007) The Saga of Integrated Land Use-Transport Modeling: How Many Dreams before We Wage Up, in K. W. Axhausen (Hrsg.), *Moving Through Nets*, 219-248, Elsevier, Oxford.
- TMIP (1998) *Land use compendium*, Texas Transportation Institute, Federal Highway Administration, Arlington.
- TMIP (2010) *Travel Model Improvement Program*, erhältlich von: <http://tmip.fhwa.dot.gov/>, Zugriff am 20. April 2010.
- TRANSIMS (2010) *TRansportation ANalysis and SIMulation System*, erhältlich von: <http://transims-opensource.net/>, Zugriff am 20. April 2010.
- UrbanSimProjekt (2007) *WebHome*, erhältlich von: <http://www.urbansim.org/Main/WebHome>, Zugriff am 23. April 2010.
- Valbuena, D., P.H. Verburg, A.K. Bregt und A. Ligtenberg (2010) An agent-based approach to model land-use change at a regional scale, *Landscape Ecology*, **25** (2) 185-199.
- Verburg, P.H., P.P. Schot, M.J. Dijst und A. Veldkamp (2004) Land use change modelling: current practice and research priorities, *GeoJournal*, **61** (4) 309-324.
- Vrtic, M., P. Fröhlich, N. Schüssler, P. Kern, F. Perret, S. Pfisterer, C. Schulze, A. Zimmermann, U. Heidl und K.W. Axhausen (2005) Verkehrsmodell für den öffentlichen Verkehr des Kantons Zürich, *Forschungsbericht*, Amt für Verkehr des Kantons Zürich, IVT, ETH Zürich, Ernst Basler + Partner AG, Planung Transport Verkehr (PTV), Zürich.
- Waddell, P. (2010) Overview of UrbanSim and the Open Platform for Urban Simulation, Vortrag *2nd UrbanSim User Meeting*, Zürich, Juli 2010.
- Waddell, P. (2005) Towards an Open Platform for Urban Simulation, Vortrag *5th Swiss Transport Research Conference*, Ascona, Mai 2005.
- Waddell, P. (2002) UrbanSim: Modeling Urban Development for Land Use, Transportation, and Environmental Planning, *Journal of the American Planning Association*, **68** (3) 297-314.

- Waddell, P., A. Borning, M. Noth, N. Freier, M. Becke und G. Ulfarsson (2003) Microsimulation of Urban Development and Location Choices: Design and Implementation of UrbanSim, *Networks and Spatial Economics*, 3 (1) 43-67.
- Waddell, P., A. Borning und H. Sevcikova (2008) Recent Developments in OPUS/UrbanSim, Vortrag *1st European UrbanSim User Group Meeting*, Zürich, März 2008.
- Waddell, P., T. Moore und S. Edwards (1998) Exploiting Parcel-Level GIS for Land Use Modeling, Konferenzbeitrag *ACSE Conference - Transportation, Land Use, and Air Quality: Making the Connection*, Portland, Oregon, Mai 1998.
- Wagner, P. und M. Wegener (2007) Urban Land Use, Transport and Environment Models, *disP*, 43 (3) 45-56.
- Wegener, M. (2000) A new ISGLUTI: the SPARTACUS and PROPOLIS Projects, Vortrag *Second Oregon Symposium on Integrated Land Use and Transport Models*, Portland, Oregon, Juli 2000.
- Wegener, M. (1995) Current and Future Land Use Models, Konferenzbeitrag *1st Land Use Model Conference*, Dallas, Februar 1995.
- Wegener, M. (2004) Overview of Land Use Transport Models, in D. A. Hensher, K. J. Button, K. E. Haynes und P. Stopher (hrsg.), *Handbook of Transport Geography and Spatial System*, 127-146, Elsevier, Oxford.
- Weidner, T., R. Donnelly, J. Freedman, J.E. Abraham und J.D. Hunt (2007) A summary of the Oregon TLUMIP Model Microsimulation Modules, Konferenzbeitrag *86th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington, D.C., Januar 2007.
- Zondag, B. (2007) *Joint Modelling of Land-use, Transport and Economy*, Dissertation, Technische Universiteit Delft, Delft.

11 Glossar

Instrument	Ein Instrument ist ein Werkzeug / Hilfsmittel zur Ausführung einer Methode und somit Teil der Methode. Ein Instrument ist ein methodisches Element .
Technik	Ist eine erworbene Fähigkeit zum Einsatz von Hilfsmitteln.
Verfahren	Ist ein Ablauf sozialer Interaktionen, der in Schritte gegliedert und wiederholbar ist.
Methode	Ist eine geregelte Abfolge von Handlungen, um ein Problem von bestimmten Grundlagen ausgehend zu lösen.
Methodik	Die Methodik ist die Lehre von den Methoden. Dies entspricht der Sammlung aller Methoden.
Konzept	Ein Konzept ist ein erster, unfertiger Entwurf zur Lösung einer Aufgabe.
Komplexes System	Komplexe Systeme sind Systeme, welche sich der Vereinfachung verwehren und vielschichtig bleiben. Insbesondere gehören hierzu die komplexen adaptiven Systeme, die imstande sind, sich an ihre Umgebung anzupassen. siehe „Komplex Adaptive Systems“ für eine verlässlichere Referenz.
Wirkungsmodell	Wirkungsmodelle sind vereinfachte Abbildungen der Wirklichkeit, um über systematische Zusammenhänge Veränderungen eines Indikators erklären zu können.
Bewertungsvorschrift	Eine Bewertungsvorschrift ist eine Anleitung zur Beurteilung eines Objektes auf Grund seiner Eigenschaften.
SWOT-Analyse	Eine SWOT-Analyse kombiniert eine Stärken-Schwächen-Analyse mit einer Chancen-Risiken-Analyse. Die Methode kann im strategischen Management, in Evaluationen und in der Entwicklung eingesetzt werden.

Validierung	Prüfung der Gültigkeit. Beweis der Einsatzbereitschaft.
Kalibrierung	Im Zusammenhang mit Modellierung wird unter der Kalibrierung die Eichung von Modellen verstanden. Wird die Kalibrierung mit empirischen Daten und statistischen Techniken durchgeführt, spricht man von Schätzung.

Anhänge

A 1 Katalog potentiell verwendbarer Daten

A 2 Fragenkataloge

A 3 Beurteilungsraster SWOT-Analyse

A 4 SWOT-Profile

A 1.1 Flächenangebot

Bezeichnung	Beschreibung	Datentyp	Entität/Genauigkeit	Aktualität Aktualisierung	Perimeter	Datenherr oder Quelle	Zusatzkosten ARE (qualitativ)	Abbildung
Gebäude- und Wohnungsregister	Das eidg. Gebäude- und Wohnungsregister (GWR) enthält die wichtigsten Grunddaten zu Gebäude und Wohnungen. Es wird für Statistik-, Forschungs- und Planungszwecke genutzt und dient den Kantonen und Gemeinden für den Vollzug von gesetzlichen Aufgaben. Die Datenerhebung erfolgt in Koordination mit der jährlichen Bau- und Wohnbaustatistik.	Tabelle	Meter	2010	CH	Bundesamt für Statistik BfS	Keine	
Gebäude- und Wohnungserhebung 2000	Parallel zur Volkszählung wird auch die Gebäude- und Wohnungserhebung durchgeführt, welche Informationen wie Alter, Heizungstyp, Geschosse oder Grösse der Gebäude beinhaltet.	Tabelle	Hektarraster	2000	CH	Bundesamt für Statistik BfS	Keine	
Gebäude- und Wohnungserhebung 1990		Tabelle	Hektarraster	1990	CH	Bundesamt für Statistik BfS	Keine	
Neubaustatistik	Anzahl neu erstellte Gebäude und Wohnungen pro Jahr und Gemeinde. Unterteilt nach Wohnungsgrösse und Auftraggeber (öffentlich / privat). Erhältlich für die Jahre 1995-2008.	Tabelle	Gemeinde	1995-2008	CH	Bundesamt für Statistik BfS	Keine	
Leerstandsstatistik	Anzahl der leerstehenden Wohnungen (Altbau/Neubau, Miete/Eigentum) und Einfamilienhäuser pro Gemeinde am Jahresende. Unterteilt nach Wohnungsgrösse. Erhältlich für die Jahre 1995-2009.	Tabelle	Gemeinde	1995-2009	CH	Bundesamt für Statistik BfS	Keine	
Daten kantonale Gebäudeversicherungen	die Kantonalen Gebäuderversicherungen erheben für ihre Zwecke die Geschossflächen der Gebäude. Diese Daten sind eine wertvolle Quelle für die Bestimmung des Flächenangebots.	Vektor	Gebäude	aktuell (kantonal unterschiedlich)	19 Kantone	Kantone	Tief (i.A.)	
Topografisches Landschaftsmodell TLM	Das „Topografische Landschaftsmodell TLM“ wird das kartenbasierte Modell VECTOR25 ablösen. Das TLM ist das flächendeckende Basislandschaftsmodell der Schweiz. Natürliche und künstliche Objekte werden in neun Themen gegliedert. Alle Objekte haben eine dreidimensionale Geometrie und werden durch zahlreiche Attribute beschrieben. Die Abgabe von Daten aus dem TLM ist ab 2010 geplant.	Vektor		2010 (Datensatz wird erst aufgebaut)	CH flächendeckend	Swisstopo	Hoch (LV)	
VECTOR25	Beim VECTOR25-Release von 2008 handelt es sich um das letzte Update. VECTOR25 ist das digitale Landschaftsmodell der Schweiz, welches inhaltlich und geometrisch auf der Landeskarte 1: 25'000 basiert. Es ist in diverse thematische Ebenen gegliedert. VECTOR25 beschreibt die Lage, Form, Nachbarschaftsbeziehungen (Topologie), Objektart sowie weitere Sachattribute von rund 8.5 Millionen Objekten.	Vektor		2008	CH flächendeckend	Swisstopo	Keine	
VECTOR200	VECTOR200 ist das kleinmassstäbliche digitale Landschaftsmodell der Schweiz, welches die natürlichen und künstlichen Objekte der Landschaft im Vektorformat wiedergibt. VECTOR200 beschreibt die Lage, Form, Nachbarschaftsbeziehungen (Topologie), Objektart sowie weitere Sachattribute von rund 500'000 Objekten und ist aufgrund des hohen Generalisierungsgrades (Massstab 1:200'000) ein Referenzdatensatz für Übersichtsarbeiten auf regionaler und nationaler Ebene.	Vektor		jährliche Aktualisierung	CH flächendeckend	Swisstopo	Keine	
Arealstatistik der Schweiz 1992/97	Die Arealstatistik erhebt im Turnus von 12 Jahren Informationen zur Bodennutzung und -bedeckung der Schweiz. Der Nutzungskatalog umfasst 72 Kategorien. Die Arealstatistik lässt sich mit anderen raumbezogenen Datensätzen (Gemeindegrenzen, Geländedaten, Bauzonen, Schutzgebieten, Bevölkerung usw.) kombinieren. Die neueren, methodisch einheitlichen und koordinierten Arealstatistiken bilden eine solide statistische Grundlage, um Phänomene und Trends des Landnutzungswandels und der Landschaftstransformation in der Schweiz qualitativ zu beschreiben und quantitativ abzuschätzen.	Tabelle	Hektarraster	1992/97	CH	Bundesamt für Statistik BfS	Keine	
Arealstatistik der Schweiz 2004/09		Tabelle	Hektarraster	2004/09	CH	Bundesamt für Statistik BfS	Keine	
Arealstatistik der Schweiz 1979/85		Tabelle	Hektarraster	1979/85	CH	Bundesamt für Statistik BfS	Keine	

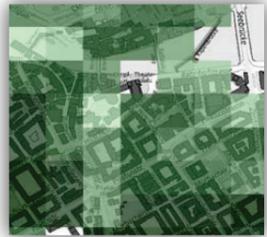
A 1.2 Flächennachfrage

Bezeichnung	Beschreibung	Datentyp	Entität/Genauigkeit	Aktualität Aktualisierung	Perimeter	Datenherr oder Quelle	Zusatzkosten ARE (qualitativ)	Abbildung
Angebotsmietpreise Schweiz	Mietpreise der Schweiz der letzten Jahre basierend auf den ausgeschriebenen Objekte. Zusammenfassung und Historisierung verschiedener Immobilienportale (frei stehende Wohnungen und Gebäude sowie deren Miet- und Kaufpreise).	Tabelle	Gebäude	2010	CH	FPRE / Immovista (v.a. Büroflächen) / Homegate / u.ä.	Hoch	
Bestandesmieten	Mietpreise der Schweiz der letzten Jahre basierend auf den bestehenden Mietverträgen. Zusammenfassung und Historisierung verschiedener Immobilienportale (frei stehende Wohnungen und Gebäude sowie deren Miet- und Kaufpreise).	Tabelle	Gemeinden			FPRE / IAZI / Bundesamt für Statistik	Hoch	
Transaktionsdaten	Transaktionspreise für Gebäude in den letzten Jahren als Grundlage für die Modellierung von verallgemeinderten Transaktionspreisen.	Tabelle	Gemeinden			FPRE / IAZI (ev.)	Hoch	
Umzugsdaten	Umzugsdaten von Haushalten und Firmen	Tabelle	Haushalte / Firmen			Mappuls/Post; OFWI	Mittel	

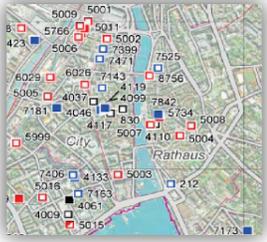
A 1.3 Erlaubte Flächennutzung

Bezeichnung	Beschreibung	Datentyp	Entität/Genauigkeit	Aktualität Aktualisierung	Perimeter	Datenherr oder Quelle	Zusatzkosten ARE (qualitativ)	Abbildung
Bauzonenstatistik	Der harmonisierte Datensatz Bauzonen Schweiz basiert auf den bei den kantonalen Fachstellen für Raumplanung am 1.1.2007 verfügbaren Geodaten zu den Bauzonen. Die kantonalen Zonentypen wurden gemäss der im Entwurf vorliegenden Norm SIA 424 elf verschiedenen Bauzonentypen zugeordnet	Vektor	Parzelle	2007	CH	Kantonale Fachstellen für Raumplanung / Bundesamt für Raumentwicklung ARE	Keine	
Industriebrachen	Erhebung von Industrie- und Gewerbebrachen > 1ha (221 Areale)	Vektor	Hektarraster	2003	CH [Lückenhafte Erhebung]	Bundesamt für Raumentwicklung ARE	Keine	
Gebäude	Der Gebäude-Datensatz der Mappuls AG enthält die dreidimensionalen Gebäudekörper inkl. Dachaufbauten und Innenhöfe. Die wichtigsten Städte und Agglomerationen sowie die grösseren Ortschaften der Schweiz werden durch diesen Datensatz abgedeckt. Gebäude-Daten finden in grafischen Stadt- und Ortspläne sowie Standortkarten mit Einzelhausdarstellung Verwendung, sind darüber hinaus aber auch hervorragend für analytische Berechnungen (z. B. Sichtbarkeitsanalysen) geeignet.	Vektor	Gebäude	2008	CH	Mappuls	Mittel	

A 1.4 Wohnen

Bezeichnung	Beschreibung	Datentyp	Entität/Genauigkeit	Aktualität Aktualisierung	Perimeter	Datenherr oder Quelle	Zusatzkosten ARE (qualitativ)	Abbildung
Volkszählung 2000	Die Daten aus der Volkszählung enthalten diverse Informationen zu sozio-demografischen Aspekten der Schweizer Bevölkerung – aggregiert auf ein Hektarraster. Neben Alter, Geschlecht oder Nationalität sind darin auch Informationen zur beruflichen Position, Ausbildung und zu den Pendlereigenschaften enthalten. Die Volkszählung beschreibt die demografische, räumliche, soziale und wirtschaftliche Entwicklung in der Schweiz. Sie ist unentbehrlich für Berechnungen im Zusammenhang mit anderen Statistiken (z.B. der monatlichen Arbeitslosenquoten der Kantone und Gemeinden).	Tabelle	Hektarraster	2000/01 Periodizität 10 Jahre	CH	Bundesamt für Statistik BfS	Keine	
Volkszählung 1990		Tabelle	Hektarraster	1990	CH	Bundesamt für Statistik BfS	Keine	
Volkszählung 1980		Tabelle	Hektarraster	1980	CH	Bundesamt für Statistik BfS	Keine	
Volkszählung 1970		Tabelle	Hektarraster	1970	CH	Bundesamt für Statistik BfS	Keine	
Personendaten Datapuls	Personendatenbank der Firma Datapuls, welche knapp 6 Millionen Einträge beinhaltet. Pro Eintrag sind Merkmale wie Geschlecht, Alter, Bildungsstand, Nationalität u.a. bekannt.	Tabelle	Person	2010 stetige Aktualisierung	CH	Datapuls	Hoch	
ESPOP	Statistik von Stand und Struktur der ständigen Wohnbevölkerung am 31. Dezember eines Jahres sowie der während eines Kalenderjahres registrierten Bewegungen der ständigen Wohnbevölkerung inklusive Migration aus dem Ausland	Tabelle	Gemeinde	2010	CH	Bundesamt für Statistik BfS	Keine	

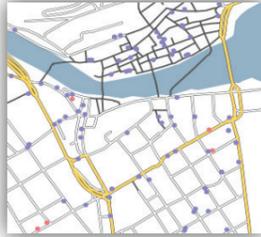
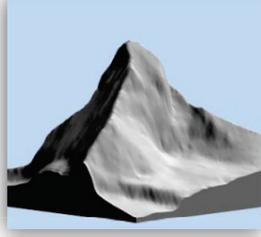
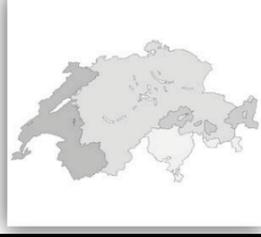
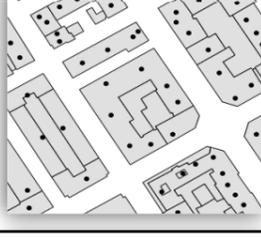
A 1.5 Arbeiten

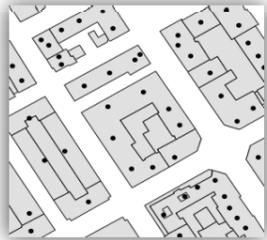
Bezeichnung	Beschreibung	Datentyp	Entität/Genauigkeit	Aktualität Aktualisierung	Perimeter	Datenherr oder Quelle	Zusatzkosten ARE (qualitativ)	Abbildung
Betriebszählung 2008	Die Betriebszählung (BZ) ist eine gesamtschweizerische Befragung aller Betriebe und Unternehmen des zweiten und dritten Sektor. Ihre Zielsetzung besteht in der vollständigen Erfassung aller wirtschaftlichen Produktionseinheiten unter ökonomischen, sozialen und räumlichen Gesichtspunkten. Die folgenden Merkmale werden dabei erfasst: Standort (Hektar), wirtschaftliche Tätigkeit (Sektor/NOGA-Codierung), Anzahl Beschäftigte nach Beschäftigungsgrad und Geschlecht. Die Vollerhebung spielt eine wichtige Rolle in der Aktualisierung der ökonomischen Daten, stellt eine qualitativ hoch stehende Informationsquelle dar und beschreibt die Wirtschaftsstruktur der Schweiz.	Tabelle	Hektarraster	2008	CH	Bundesamt für Statistik BFS	Keine	
Betriebszählung 2005		Tabelle	Hektarraster	2005	CH	Bundesamt für Statistik BFS	Keine	
Betriebszählung 2001		Tabelle	Hektarraster	2001	CH	Bundesamt für Statistik BFS	Keine	
Landwirtschaftliche Betriebszählung 2007	Betriebe (Produktionszone, Bewirtschaftungsform, Betriebstyp) und Angestellte (Geschlecht, Nationalität, Familienmitglied, Beschäftigungsgrad).	Tabelle	Kanton	2007			Keine	
Landwirtschaftliche Betriebszählung 2005		Tabelle	Kanton	2005	CH	Bundesamt für Statistik BFS	Keine	
Betriebs- und Unternehmensregister	Das Betriebs- und Unternehmensregister BUR umfasst alle Unternehmen und Betriebe des privaten und öffentlichen Rechts, die in der Schweiz domiziliert sind. Das Register dient statistischen Zwecken sowie personenbezogenen Aufgaben im öffentlichen Interesse. Die Datenbank ist mit administrativen und statistischen Quellen verknüpft und wird laufend aktualisiert. Pro Jahr werden über 150'000 Mutationen durchgeführt.	Tabelle	Unternehmen/Betrieb	stetige Aktualisierung	CH	Bundesamt für Statistik BFS	Keine	
TeleData Firmendaten	Dieser Datensatz enthält alle im Handelsregister verzeichneten Betriebe inkl. Branchenzugehörigkeit und Mitarbeiterzahlen. Firmen- und Branchenadressen ermöglichen eine erweiterte Zielgruppenanalyse unter Berücksichtigung vielfältiger Merkmale.	Tabelle	Firmen	stetige Aktualisierung	CH	Teledata	Hoch	
Arbeitslosenstatistik	Anzahl Arbeitslose nach Alter, Geschlecht, Arbeitslosentyp (Langzeit, Jugend), Ausbildung, NOGA-Sektor pro Kanton. Wird monatlich erhoben.	Tabelle	Kanton	2010 monatliche Aktualisierung	CH	Staatssekretariat für Wirtschaft (seco)	Keine	

A 1.6 Makroökonomie

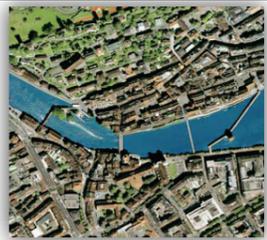
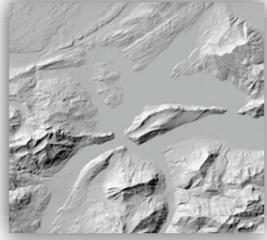
Bezeichnung	Beschreibung	Datentyp	Entität/Genauigkeit	Aktualität Aktualisierung	Perimeter	Datenherr oder Quelle	Zusatzkosten ARE (qualitativ)	Abbildung
Bruttoinlandprodukt (BIP)	Bruttoinlandprodukt der Schweiz	Tabelle	Schweiz	jährliche Aktualisierung	CH / EU	KOF / SECO	Keine	
Bauinvestitionen	Indikatoren, welche die zu erwartenden Investitionsausgaben in Millionen Franken sowie die Vorjahresveränderungsraten anzeigen.	Tabelle	Schweiz	Vierteljährliche Aktualisierung	CH	KOF-Baublatt	Keine	

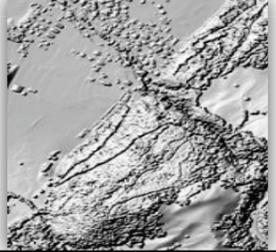
A 1.7 Teilmodelle

Bezeichnung	Beschreibung	Datentyp	Entität/Genauigkeit	Aktualität Aktualisierung	Perimeter	Datenherr oder Quelle	Zusatzkosten ARE (qualitativ)	Abbildung
POI	Aus eigenen Quellen und aus Quellen Dritter verfügt die Mappuls AG über laufend nachgeführte Points of Interest (POI) aus unterschiedlichsten Bereichen. Neben der Lokalisierung und Visualisierung eignen sich POI auch für diverse räumliche Analysen.	Tabelle	Gebäude	jährliche Aktualisierung	Europa	Mappuls / TeleAtlas / Navteq	Mittel	
DHM25	Das digitale Höhenmodell DHM25 ist ein Datensatz, welcher die dreidimensionale Form der Erdoberfläche ohne Bewuchs und Bebauung beschreibt. Er wurde im Wesentlichen aus der Höheninformation der Landeskarte 1:25'000 (LK25) abgeleitet. Die Höhen liegen in einer regelmässigen Gitteranordnung von 25 Metern Maschenweite vor.	Punktraster	Maschenweite 25 m	-	CH flächendeckend	Swisstopo	Keine	
KKK	Dieser Datensatz weist die durchschnittliche Kaufkraft der Haushalte pro Liegenschaft aus, wobei die Kaufkraft dem verfügbaren Einkommen nach Abzug diverser Abgaben (Steuern, Beiträge etc.) zu verstehen ist. Die Kaufkraft pro Liegenschaft wird mittels eines statistischen Modells berechnet, welches weitere Informationen und Merkmale auf Personenebene sowie Umgebungsinformationen miteinbezieht.	Tabelle	Gebäude	jährliche Aktualisierung	CH	Mappuls	Mittel	
Sprachgrenzen	Dieser Datensatz zeigt die vier Sprachregionen der Schweiz. Er ist unerlässlich für diverse räumlich-geografische Analysen, welche sozio-kulturelle Gegebenheiten integrieren oder untersuchen.	Vektor		2010	CH	Mappuls	Keine	
GeoPost ZipCodes	GeoPost ZIP Codes ist die digitale Postleitzahlenkarte der Schweizerischen Post, welche als Flächen- und Punktdatensatz für die vier- und sechsstelligen Postleitzahlen der Schweiz und Liechtensteins aus dem Datensatz GeoPost generiert wird. Die Postleitzahlengebiete werden mit dem offiziellen Gemeindegrenzendatensatz GG25 der Swisstopo abgeglichen. GeoPost Zip Codes wird zweimal jährlich aktualisiert.	Vektor	Postleitzahlgebiete	halbjährliche Aktualisierung	CH	Die Schweizerische Post	Tief	
GeoPost Haushaltszahlen	GeoPost Haushaltszahlen umfasst alle postalisch bedienten Adressen der Schweiz und Liechtensteins mit Angaben zur Anzahl Haushaltungen (Domizilzustellungen) pro Adresse, zum Total der Haushaltungen (Domizil- und Postfachzustellungen) pro Adresse sowie zur Anzahl Haushaltungen im Einfamilienhaus. GeoPost Haushaltszahlen wird als Ergänzung zu GeoPost Coordinate angeboten. Datenupdates finden monatlich statt.	Tabelle	Gebäude	monatliche Aktualisierung	CH	Die Schweizerische Post	Hoch	

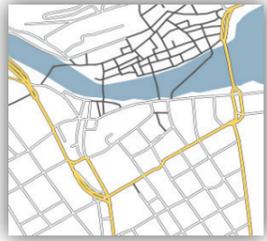
GeoPost Coordinate	GeoPost Coordinate umfasst die georeferenzierten Adressangaben sämtlicher postalisch bedienter Gebäude der Schweiz und Liechtensteins (rund 1.6 Millionen). Diese hausgenauen und monatlich aktualisierten Koordinaten eignen sich ausgezeichnet für alle personen- und firmenbezogenen Analysen, da solche aufgrund ihrer Adresse einem bestimmten Ort zugeordnet werden können	Tabelle	Gebäude	monatliche Aktualisierung	CH	Die Schweizerische Post	Hoch	
--------------------	--	---------	---------	---------------------------	----	-------------------------	------	---

A 1.8 Hintergrund

Bezeichnung	Beschreibung	Datentyp	Entität/Genauigkeit	Aktualität Aktualisierung	Perimeter	Datenherr / Quelle	Zusatzkosten ARE (qualitativ)	Abbildung
PK25-500	Die Pixelkarten der Schweiz liegen in den Masstabstößen 1:25'000 bis 1:500'000 in digitaler Form vor und enthalten Informationen zur Situation (Verkehrsnetz, Gebäude, admin. Grenzen, Orts-/Flurnamen), Wald- und Gewässerflächen und Gelände (Höhenkoten/-kurven, schattiertem Relief). Die Liefereinheiten entsprechen standardmässig der Blatteinteilung der Landeskarten. Die Gesamtnachführung der PK erfolgt in einem Zyklus von 6 Jahren.	Raster	Pixel Pixelauflösung 1.25 - 25 m	jährliche Teilaktualisierung	CH flächendeckend	Swisstopo	Keine	
GG25	Das Produkt Gemeindegrenzen 25 beinhaltet die administrativen Grenzen aller Schweizer Gemeinden. Als wichtige räumliche Einheit eignen sich Gemeinden als Grundlage in Verbindung mit weiteren statistischen Daten (z.B. des Bundesamtes für Statistik), welche sich auf Stufe Gemeinde aggregieren lassen.	Vektor	Gemeinde	jährliche Aktualisierung	CH flächendeckend	Swisstopo	Keine	
Swissimage Level 2	Orthofoto Swisstopo	Raster	Pixelauflösung 25 - 50 cm	Unterschiedlich (alle 3 Jahre)	CH	Swisstopo	Keine	
Orthofotos Mappuls	Orthofotos sind verzerrungsfreie fotografische Abbildungen der Erdoberfläche. Die Pixelauflösung unserer Orthofotos beträgt flächendeckend 50 cm. Von 13 Schweizer Städten liegen zudem Orthofotos mit einer Pixelauflösung von 25 cm vor. Per Ende 2010 wird die Mappuls AG über ein neu erstelltes, hochaktuelles (Flugjahr 2009/2010) und homogenes Orthofoto über die gesamte Schweiz mit einer Pixelauflösung von 30 cm verfügen.	Raster	Pixel Pixelauflösung 25-50 cm	1997/2003/2010	CH flächendeckend	Mappuls	Mittel	
DOM10	Für Anwendungen mit hohen Genauigkeits-ansprüchen verfügen wir über ein digitales Oberflächenmodell (DOM) der Schweiz mit einer Maschenweite von 10 m, welches die dreidimensionale Form der Erdoberfläche mit Bewuchs und Bebauung beschreibt.	Punktraster	Maschenweite 10 m	-	CH flächendeckend	Mappuls	Mittel	

DOM / DTM-AV	Die zwei Höhenmodelle DOM und DTM-AV basieren auf sehr genauen Lasermessungen aus Flugzeugen. Sie wurden bis zu einer Höhenlage von 2000m aufgenommen. Sie eignen sich für hochpräzise Modellierungen der Erdoberfläche.	Raster	2 m2		CH (unter 2000 MüM)	Swisstopo	Hoch (LV)	
Strassenkarte	Die Strassenkarte 1:303'000 ist eine Eigenentwicklung der Mappuls AG, welche kontinuierlich weitergeführt und aktualisiert wird. Dieses Produkt basiert auf einem kartografisch aufbereiteten, schattierten Oberflächenmodell mit zusätzlichen Informationen (Höhenstufen, Wald- und Siedlungsflächen) und kann für weiträumige Übersichten in kleinen Massstäben ab 1:100'000 eingesetzt werden. Die Strassenkarte ist sowohl im Vektor- als auch im Rasterformat verfügbar.	Raster/Vektor	Pixelauflösung 25 m	2009	CH flächendeckend	Mappuls	Mittel	
Maps	Die Mappuls AG verarbeitet die umfangreichen und aktuellen Navigations-Daten der Firmen Tele Atlas und Navteq zu ansprechenden Ortsplänen oder Standortkarten in verschiedenen Zoomstufen für vielseitige Verwendungszwecke. Die automatisierten Prozesse der Datenverarbeitung erlaubt es, solche Standortkarten in einheitlicher und gleichbleibend hoher Qualität in grosser Anzahl zu sehr kostengünstigen Konditionen anzubieten.	Raster	Übersichtskarten bis hin zu detaillierten Ortsplänen und Standortkarten	Aktualisierung nach Bedarf	Europa	Mappuls / TeleAtlas / Navteq	Mittel	
Inventare BAFU	Das Bundesamt für Umwelt BAFU führt Geodatensätze zu folgenden Themen: Artenmanagement / Natur und Landschaft (Bundesinventare, Schutzgebiete, Fauna und Flora, Fischerei), Wald (Sturm-Schadensflächen) und Wasser (Restwasser, Gewässer- und Grundwasserschutz, Hydrographie).	Vektor		-2010	CH	Bundesamt für Umwelt BAFU	Keine	
Gewässerschutzdaten	Gewässerschutzdaten (Schutzzone, Schutzareale etc.), welche kantonal ausgeschrieben werden. Homogenisierung durch BAFU.	Vektor		2009	CH	Kantone	Keine	
Quartiergrenzen	Quartiergrenzen der grössten Schweizer Städte (Genf, Lausanne, Fribourg, Neuchatel, La Chaux-de-Fonds, Biel, Thun, Bern, Basel, Luzern, Zürich, Winterthur, Schaffhausen, St. Gallen, Chur).	Vektor	Kreis / Quartier	2006	einzelne Städte	Bundesamt für Statistik BFS	Keine	
Raumgliederung	Unterteilung der Schweiz in verschiedene räumliche Eigenschaften wie Berg / Tal, Arbeitsmarktregion, Raumplanungsregion.	Tabelle	Gemeinde	2010	CH	Bundesamt für Statistik BFS	Keine	
WEMF-Gebiete	Einteilung der Schweiz in kommunikationstechnisch zusammenhängende Grossräume.	Tabelle	Gemeinde	2009	CH	WEMF / Mappuls	Tief	

A 1.9 Verkehr

Bezeichnung	Beschreibung	Datentyp	Entität/Genauigkeit	Aktualität Aktualisierung	Perimeter	Datenherr oder Quelle	Zusatzkosten ARE (qualitativ)	Abbildung
TeleAtlas MultiNet	Der Datensatz MultiNet der Firma Tele Atlas wurde in erster Linie für die Verwendung in Navigationsgeräten entwickelt. Entsprechend haben Aktualität und Vollständigkeit des Strassennetzes oberste Priorität. Abdeckung und Qualität der Daten bewegen sich auf hohem Niveau. Navigationstechnische Fragestellungen wie die Berechnung von Fahrzeiten, Einzugsgebieten (Isochronen) oder Routenoptimierung können auf dieser Grundlage sehr genau analysiert werden. Darüber hinaus verarbeiten wir die MultiNet-Daten zu vielseitig einsetzbaren kartografischen Produkten.	Vektor		jährliche Aktualisierung	Europa	Tele Atlas (Navteq als Alternative)	Hoch	
ÖV-Güteklassen	Güteklassen der Erschliessung durch den öffentlichen Verkehr, berechnet basierend auf Norm VSS 640 290.	Vektor	Haltestelle	Fahrplanperiode 2008/2009	CH [Lücken bei einigen Verkehrsbetrieben]	Bundesamt für Raumentwicklung ARE	Keine	
Frequenzdaten	Mobilitätsdaten basierend auf einer agentenbasierten aktivitätenorientierten Simulation der Mobilität der Schweizer Bevölkerung. Für MIV und LV besteht eine aktivitätenorientierte, kantengenaue und dynamische Mikrosimulation, für den ÖV wurde der Start- und Zielpunkt modelliert.	Linie	Strassensegment	2010	CH	Mappuls	Mittel	
Mikrozensus Mobilität	Der Mikrozensus Mobilität und Verkehr ist eine telefonische Befragung der schweizer Wohnbevölkerung u.a. zur Stichtagsmobilität, Reisen, Verkehrspolitischer Einstellung.	Tabelle	Adressen	2005	CH	Bundesamt für Statistik BfS / Bundesamt für Raumentwicklung ARE	Keine	
Strassenfahrzeugbestand	Bestand der Strassenfahrzeuge, unterteilt nach Typ, Grösse, Hubraum etc. Erhältlich für die Jahre 1990-2009.	Tabelle	Gemeinde	1990-2009	CH	Bundesamt für Statistik BfS	Keine	



Konzeptstudie Flächennutzungsmodellierung ARE

Fragenkataloge zu Flächennutzungsmodellen

C. Zöllig, IVT, ETH Zürich

K.W. Axhausen, IVT, ETH Zürich

Juli 2010

1 Einleitung

Die befragten Personen werden über den Kontext der Befragung informiert.

1. Das ARE¹ hat das Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) beauftragt eine Konzeptstudie für ein nationales Flächennutzungsmodell durchzuführen, um die Kosten und Nutzen eines solchen Modells besser einschätzen zu können. Das ARE möchte einerseits abklären was von einem Flächennutzungsmodell erwartet werden kann. Andererseits soll abgeklärt werden wie ein nationales Flächennutzungsmodell erstellt und genutzt werden könnte.
2. Es besteht ein nationales Personenverkehrsmodell (auch bekannt als NPVM oder VM-UVEK), welches als räumliche Auflösung die Gemeinden (ca. 3000, dargestellt auf der Titelseite) hat. Das ARE hat mit dem nationalen Personenverkehrsmodell gute Erfahrungen gemacht, insbesondere hat sich eine bereichernde Zusammenarbeit mit den Kantonen und Fachleuten entwickelt. Eine analoge Entwicklung erhofft man sich in Bereich der Flächennutzung.
Das Hauptziele ist zu klären, ob und gegebenenfalls welche Modellergänzung gemacht werden soll, um Aussagen zu raumplanerischen Fragestellungen machen zu können. Deshalb soll abgeklärt werden (Teilziele):
 1. Welche Bedürfnisse und Möglichkeiten bei potentiellen Nutzern bestehen.
 2. Welche Modelle vorhanden sind und welche Erfahrungen damit gemacht wurden.

¹ Für ein Kurzbeschreibung siehe <http://www.are.admin.ch/org/index.html?lang=de>, Zugriff 6.5.2010

2 Fragen an Anwender

Einsatzbereich / Anwendung

1. Welches integrierte Flächennutzungs- und Transportmodell (LUTI-Modell) wenden sie an?
2. Welche Frage stand am Anfang im Vordergrund?
3. Für welche Zwecke setzen sie das Modell ein?
4. Welche Fragen konnte ihnen das LUTI-Modell beantworten? (Mobilitätsbepreisung, Zonierung, innere Verdichtung, Ausnützungsziffer, Flächenkonsum, Verteilung Gebäudetypen, Landnutzung, Bevölkerung, Wohnen, Beschäftigung, Arbeitsplätze)
5. Welche Fragen konnte ihnen das LUTI-Modell nicht beantworten? Welche Enttäuschungen haben sie erlebt?
6. Welche Nutzen haben sie von der Anwendung des Modells?
7. Seit wie vielen Jahren betreiben sie ein LUTI-Modell?
8. Wie oft setzen sie das Modell ein?
9. Wie viele weitere Organisationen benutzen das Modell?
10. Welche Schwierigkeiten haben sie bei der der Anwendung gehabt?
11. Ist das Modell geeignet für das ganze Gebiet der Schweiz?

Entwicklung / Operationalisierung

12. Haben sie das Flächennutzungsmodell von Grund auf neu entwickelt oder haben sie ein bestehendes Modell für ihr Anwendungsgebiet operationalisiert?

Entwicklung	Operationalisierung
13. Für wen haben sie das Modell entwickelt?	27. Für wen haben sie das Modell operationalisiert?
14. Wie viele Monate hat die Entwicklung des Modells in Anspruch genommen?	28. Wie viele Monate hat die Operationalisierung des Modells in Anspruch genommen?
15. Welche Phasen wurden beim Entwicklungsprozess durchlaufen?	29. Welche Phasen wurden beim Operationalisierungsprozess durchlaufen?
16. Geben sie an wie viele Monate die jeweiligen Entwicklungsphasen gedauert haben. Entwicklung der Theorie, Programmierung,	30. Geben sie an wie viele Monate die jeweiligen Operationalisierungsphasen gedauert haben. Entwicklung der Theorie,

<p>Datenbeschaffung, Datenaufbereitung, Kalibrierung, Validierung.</p> <p>17. Wer war an der Entwicklung beteiligt?</p> <p>18. Wie waren sie im Projekt zur Entwicklung des Flächennutzungsmodells organisiert?</p> <p>19. War eine Forschungseinrichtung beteiligt?</p> <p>1. Wie haben sie die Zusammenarbeit zwischen Behörde und Forschungseinrichtung gestaltet?</p> <p>20. Wie viel hat die Entwicklung des Modells gekostet?</p> <p>21. Ordnen sie bitte die folgenden Faktor nach ihrer Kostenintensität? (Daten, Software, Arbeitskraft)</p> <p>22. Wer hat die Entwicklung finanziert?</p> <p>23. Welche Daten sind minimal erforderlich?</p> <p>24. Welche Schwierigkeiten haben sie bei der Entwicklung gehabt? Ist bei der Entwicklung etwas unvorhergesehenes passiert?</p> <p>25. Sind Erweiterungen möglich?</p> <p>26. Sind Erweiterungen geplant? (Forschungsprojekte)</p>	<p>Programmierung, Datenbeschaffung, Datenaufbereitung, Kalibrierung, Validierung.</p> <p>31. Wer war an der Operationalisierung beteiligt?</p> <p>32. Wie waren sie im Projekt zur Operationalisierung des Flächennutzungsmodells organisiert?</p> <p>33. War eine Forschungseinrichtung beteiligt?</p> <p>1. Wie haben sie die Zusammenarbeit zwischen Behörde und Forschungseinrichtung gestaltet?</p> <p>34. Wie viel hat die Operationalisierung des Modells gekostet?</p> <p>35. Ordnen sie bitte die folgenden Faktor nach ihrer Kostenintensität? (Daten, Software, Arbeitskraft)</p> <p>36. Wer hat die Operationalisierung finanziert?</p> <p>37. Welche Daten sind minimal erforderlich?</p> <p>38. Welche Schwierigkeiten haben sie bei der Operationalisierung gehabt? Ist bei der Operationalisierung etwas unvorhergesehenes passiert?</p>
--	---

Einschätzungen bezüglich des Nutzens für das ARE

39. Welchen Nutzen hätte das ARE von einem operationalisierten, nationalen Flächennutzungsmodell in Kombination mit dem Nationalen Personenverkehrsmodell?
40. Empfehlen sie dem ARE eine Eigenentwicklung oder die Operationalisierung eines bestehenden Modells?
1. Welches Modell würden sie auf der Grundlage eines bestehenden, aggregierten Transportmodells zur Operationalisierung in der Schweiz empfehlen?
41. Wie hoch schätzen sie die Kosten für die Operationalisierung (in der Schweiz)?
42. Wie hoch schätzen sie die Kosten für eine Eigenentwicklung (in der Schweiz)?

43. Wie hoch schätzen sie die Kosten für den Betrieb eines nationalen Flächennutzungsmodells (in der Schweiz)?
44. Welche Betriebskosten schätzen sie am höchsten ein? (Datenaktualisierung, Softwareunterhalt, Arbeitskraft)
45. Welche Risiken sehen sie für das ARE in einem operationalisierten, nationalen Modell in der Schweiz?
46. Welche Chancen sehen sie für das ARE in einem operationalisierten, nationalen Modell in der Schweiz?
47. Was braucht das ARE für ein erfolgreiches Projekt?

3 Fragen an potentielle Anwender

Informationsstand der Anwender

1. Was ist ein Verkehrsmodell?
2. Setzen sie ein Verkehrsmodell ein?
3. Was stellen sie sich unter einem integrierten Flächennutzungs- und Transportmodell vor?
4. Welche LUTI-Modelle kennen sie?
5. Haben sie schon einmal eine konkrete Frage mit der Hilfe eines LUTI-Modells beantwortet?

Wenn ja, zu Fragenkatalog 1

Erwartungen

6. Für welche Zwecke können sie ein nationales LUTI-Modell einsetzen?
7. In welchen Bereichen können sie sich den Einsatz eines nationalen LUTI-Modells vorstellen?
8. Wie stellen sie sich den Einsatz eines nationalen LUTI-Modells vor?
9. Welche Fragen würden sie an ein nationales LUTI-Modell stellen?
10. Welche Entscheidungsgrundlagen erhoffen sie sich vom Einsatz eines nationalen LUTI-Modells?
11. Welcher der drei Bereiche Verkehr, Flächennutzung und deren Wechselwirkung interessiert sie am meisten?
12. Zu welchem Zeitpunkt sollte ein nationales LUTI-Modell zur Verfügung stehen?
13. Welche Chancen sehen sie für ihre Organisation in einem nationalen LUTI-Modell?
14. Welche Risiken sehen sie für ihre Organisation in einem nationalen LUTI-Modell?

Einstellung

15. Welche Nutzen sehen sie für ihre Organisation in einem nationalen LUTI-Modell?
16. Würden sie das ARE bei der Operationalisierung eines nationalen Flächennutzungsmodells unterstützen?
17. Welchen Beitrag zu einem nationalen LUTI-Modell könnten sie sich vorstellen?
18. Mit welchen weiteren Organisationen würden sie kooperieren zur Operationalisierung und zum Betrieb eines LUTI-Modells?
19. Wie stellen sie sich die Zusammenarbeit mit anderen Institutionen vor?

20. Wie gross ist ihr Interesse an einem LUTI-Modell für ihre Agglomeration? (sehr gross, gross, mittel, wenig, kein Interesse)
21. Können sie sich vorstellen das nationale LUTI-Modell für ihre Agglomeration zu verfeinern?
22. Würden sie einem Datenaustausch zwischen dem Agglomerationsmodell und dem nationalen Modell bei entsprechenden Konditionen zustimmen?

Unterscheidungskriterium	Verkehr: Input		Raumplanung Input:			
	Integration Verkehrslenkungsmaßnahmen wie Mobility Pricing	Integration Daten VM-UVEK	Modellierung der Belastungen auf dem Verkehrsnetz (Güterverkehr)	Integration Zonenplan (Fläche)	Integration Ausnutzungsziffern (Geschossflächen)	
	Soll	Muss	Soll	Soll	Soll	Soll
Netzwerk	Ist das Teilmodell enthalten, wird Mobility Pricing realistischer bewertbar.	Ist das Verkehrsmodell mit Netzwerk als <i>exogen</i> vorgesehen, erleichtert dies die Anbindung.	-	-	-	-
Flächennutzung				Nur wenn das Modellsystem die Flächennutzung berücksichtigt, können die Regulierungen getestet werden.	Nur wenn das Modellsystem die Flächennutzung berücksichtigt, können die Regulierungen getestet werden.	
Arbeitsplätze						
Wohnnutzung						
Beschäftigung						
Bevölkerung						
Güter			Wenn das Modellsystem den Güterverkehr vorsieht, ist dies eine Stärke.			
Verkehr		Ist das Verkehrsmodell mit Netzwerk als <i>exogen</i> vorgesehen, erleichtert dies die Anbindung.				
Umweltmodul						
Raumtyp der Konzeption						
Kleinste Raumeinheit	Mit der <i>Parzelle</i> als kleinster Raumeinheit können die Auswirkungen des Mobility Pricings räumlich genauer abgebildet werden.	Ist das Modellsystem fähig mit <i>Zonen</i> zu arbeiten, wird die Integration mit dem VM-UVEK erleichtert.	-	Bei <i>Zonen- und Parzellenmodellen</i> sind die kleinsten Raumeinheiten besser zuzuordnen.	Die Ausnutzungsziffer kann Parzellen exakt zugeordnet werden. Dies erhöht die Konsistenz.	
Zeitperiode						
Gleichgewichtstyp		Erlaubt das Modellsystem <i>partielle</i> Gleichgewichte, wird die Integration mit dem VM-UVEK erleichtert.				
Dynamik	Werden die Prozesse <i>dynamisch</i> abgebildet, erlaubt dies eine realistischere Abbildung der Auswirkungen von Mobility Pricing.					
Gleichgewichtsmechanismus im Flächennutzungsmarkt						
Lokalisierung von Aktivitäten						
Abbildung Raum-Zeit						
Verbindung Landnutzung/Verkehr	Ist das Flächennutzungsmodell mit dem Verkehrsmodell <i>verbunden</i> , kann Mobility Pricing im VM-UVEK eingebaut werden.	Ist das Flächennutzungsmodell mit dem Verkehrsmodell <i>verbunden</i> , wird die Integration des VM-UVEK erleichtert.				
Zweck	Ist das Modellsystem auch zur Untersuchung von Mobility Pricing entwickelt worden, ist dies eine Chance.			Berücksichtigt die Modellkonzeption Flächennutzungsregulierung, ist dies eine Stärke.	Berücksichtigt die Modellkonzeption Ausnutzungsziffern, ist dies eine Stärke.	

Unterscheidungskriterium	Thematik			Raumplanung: Output			
	Modellierung von Effekten der inneren Verdichtung	Modellierung des Flächenkonsums	Modellierung der Siedlungsmuster (Gebäudetypen)	Regionalisierung Bevölkerungsprognosen	Modellierung Wohnen	Modellierung Beschäftigung	Modellierung Arbeitsplätze
	Soll	Soll	Soll	Soll	Soll	Soll	Soll
Netzwerk	Ist das Teilmodell enthalten oder exogen vorgehalten, werden die Auswirkungen des Themenbereichs realistischer bewertbar.						
Flächennutzung	Ist das Teilmodell enthalten, werden die Auswirkungen des Themenbereichs realistischer bewertbar.						
Arbeitsplätze							
Wohnnutzung							
Beschäftigung							
Bevölkerung							
Güter	Ist das Teilmodell enthalten oder exogen vorgehalten, werden die Auswirkungen des Themenbereichs realistischer bewertbar.						
Verkehr							
Umweltmodul	Ist das Teilmodell enthalten, werden die Auswirkungen des Themenbereichs realistischer bewertbar.						
Raumtyp der Konzeption	-	-	-	-	-	-	-
Kleinste Raumeinheit	-	-	-	-	-	-	-
Zeitperiode	Die höher zeitliche Auflösung erlaubt es die Prozesser genauer abzubilden.						
Gleichgewichtstyp	-	-	-	-	-	-	-
Dynamik	Die Prozesse werden dynamisch realistischer abgebildet.						
Gleichgewichtsmechanismus im Flächennutzungsmarkt	Die <i>Bid-rent</i> Theorie bildet den Flächennutzungsmarkt besser ab.					-	Die <i>Bid-rent</i> Theorie bildet den Flächennutzungsmarkt besser ab.
Lokalisierung von Aktivitäten	-	-	-	-	-	-	-
Abbildung Raum-Zeit	Die dynamische Modellierung zeigt die Geschwindigkeit der Prozesse, welche von Interesse ist.						
Verbindung Landnutzung/Verkehr	-	-	-	-	-	-	-
Zweck	Hat das Modellsystem die Behandlung des Themenbereichs zum Zweck, ist dies eine Stärke.						

Unterscheidungskriterium	Anforderungen ARE / Rahmenbedingungen										
	Erweiterbarkeit		Räumlich		Synergieen		Datenverfügbarkeit		Praxistauglichkeit		Effektivität
	Möglichkeit der Erweiterung um andere Themenbereiche	Durchführung gesamtschweizerischer Analysen	Verwendung der selben Zonierung wie VMUVEK	Verwendung in anderen Forschungsprogrammen	Operative Verwendung in der Schweiz oder in Verwaltungen im Ausland	Grundsätzliche Verfügbarkeit von Daten für die entsprechenden Modelle	Sind die Anwender von der Wichtigkeit der quantitativen Analyse überzeugt ?	Kann das operationalisierte Modell die gewünschten Indikatoren berechnen ?			
Soll	Muss	Soll	Soll	Soll	Soll	Soll	Soll	Soll			
Netzwerk	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ist das Teilmodell enthalten, sind mehr gewünschte Indikatoren berechenbar.
Flächennutzung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Arbeitsplätze	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Wohnnutzung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Beschäftigung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bevölkerung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Güter	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Verkehr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Umweltmodul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Raumtyp der Konzeption	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Es wird als Stärke betrachtet, - wenn der Raumtyp der Konzeption <i>interregional</i> , <i>national</i> oder <i>global</i> ist.
Kleinste Raumeinheit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Es wird als Stärke betrachtet, - wenn das Modell Zonen oder Parzellen vorsieht.
Zeitperiode	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Gleichgewichtstyp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Dynamik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Dynamische Modellsysteme erlauben auch den zeitlichen Verlauf der Entwicklungen zu analysieren.
Gleichgewichtsmechanismus im Flächennutzungsmarkt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Lokalisierung von Aktivitäten	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Abbildung Raum-Zeit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Verbindung Landnutzung/Verkehr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Zweck	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Unterscheidungskriterium	Anschlussfähigkeit		Ressourcenaufwand			
	Möglichkeit der räumlichen Verfeinerung (Raster, Parzellen)	Möglichkeit der Verwendung eines regionalen Verkehrsmodells	Kosten Beschaffung und Betrieb Software	Kosten Beschaffung und Betrieb Hardware	Personeller und finanzieller Aufwand für die Datenbeschaffung und – Aufbereitung	Personen und finanzieller Aufwand für die Ausbildung, den Aufbau und den Betrieb
	Muss	Muss	Soll	Soll	Soll	Soll
Netzwerk	-	-	-	-	-	-
Flächennutzung						
Arbeitsplätze	-	-	-	-	-	-
Wohnnutzung	-	-	-	-	-	-
Beschäftigung	-	-	-	-	-	-
Bevölkerung	-	-	-	-	-	-
Güter	-	-	-	-	-	-
Verkehr						
Umweltmodul	-	-	-	-	-	-
Raumtyp der Konzeption						
Kleinste Raumeinheit	Erlaubt das Modellsystem mehrere Ebenen, wird dies als Stärke bezüglich der Anschlussfähigkeit gesehen.	-	Ein Parzellenmodell wäre aufwendiger und damit Kostenintensiver.			
Zeitperiode	-	-	-	-	-	-
Gleichgewichtstyp	-	-	-	-	-	-
Dynamik						
Gleichgewichtsmechanismus im Flächennutzungsmarkt	-	-	-	-	-	-
Lokalisierung von Aktivitäten	-	-	-	-	-	-
Abbildung Raum-Zeit	-	-	-	-	-	-
Verbindung Landnutzung/Verkehr	-	Sind Flächennutzungs- und Verkehrsmodell verbunden, wird dies als Stärke gesehen, da auch ein regionales Verkehrsmodell die Verkehrsgrößen berechnen könnte.	-	-	-	-
Zweck	-	-	-	-	-	-

Unterscheidungskriterium	Verkehr: Input		Raumplanung Input:		
	Integration Verkehrslenkungsmaßnahmen wie Mobility Pricing	Integration Daten VM-UVEK	Modellierung der Belastungen auf dem Verkehrsnetz (Güterverkehr)	Integration Zonenplan (Fläche)	Integration Ausnutzungsziffern (Geschossflächen)
	Soll	Muss	Soll	Soll	Soll
Struktur	-	Eine <i>zusammengesetzte</i> Struktur erleichtert die Integration des VM-UVEK.	-	-	-
Aggregation	-	Ist das Modellsystem <i>aggregiert</i> , werden weniger zusätzliche, disaggregierte Daten benötigt.	-	Die Regulierungsinformationen können genauer zugewiesen werden bei <i>mikro</i> Modellen.	Die Regulierungsinformationen können genauer zugewiesen werden bei <i>mikro</i> Modellen.
Modellierungskonzept	-	Ist das Konzept des Modellsystems <i>I/O</i> , werden weniger zusätzliche, disaggregierte Daten benötigt.	-	Die Zonenvorschriften sind direkt auf die Zonen im Modell übertragbar. Dies erhöht die Konsistenz.	Die Ausnutzungsziffern sind direkt auf die Zonen im Modell übertragbar. Dies erhöht die Konsistenz.
Kalibrierung	Die Stärke statistisch kalibrierter Modelle liegt in der höheren Akzeptanz.	-	-	-	-
Kalibrierung II	-	Die Integration wird durch die Kalibrierung des Gesamtmodells verbessert.	-	-	-
Datenanforderungen	-	-	-	-	-
Verwendungshäufigkeit	-	-	-	-	-
Anwendungsgebiete	-	-	-	-	-
Nutzungsrechtlicher Status	-	Nicht-kommerzielle, open source Software erlaubt unabhängig das VM-UVEK zu integrieren.	Ist das Modellsystem nicht-kommerziell, kann der Güterverkehr unabhängig integriert werden.	-	-

Unterscheidungskriterium	Thematik			Raumplanung: Output			
	Modellierung von Effekten der inneren Verdichtung	Modellierung des Flächenkonsums	Modellierung der Siedlungsmuster (Gebäudetypen)	Regionalisierung Bevölkerungsprognosen	Modellierung Wohnen	Modellierung Beschäftigung	Modellierung Arbeitsplätze
	Soll	Soll	Soll	Soll	Soll	Soll	Soll
Struktur	-	-	-	-	-	-	-
Aggregation	-	-	Zur Modellierung der Siedlungsmuster braucht es eine hohe Auflösung, weshalb hier <i>Mikromodelle</i> ihre Stärken haben.	-	-	-	-
Modellierungskonzept	Sind die Modelle statistisch geschätzt, erhöht sich die Akzeptanz der Resultate für den Themenbereich.						
Kalibrierung	Die Kalibrierung des Gesamtmodells erlaubt eine konsistentere Berechnung der Auswirkungen in dem Themenbereich.						
Kalibrierung II	-	-	-	-	-	-	-
Datenanforderungen	-	-	-	-	-	-	-
Verwendungshäufigkeit	-	-	-	-	-	-	-
Anwendungsgebiete	-	-	-	-	-	-	-
Nutzungsrechtlicher Status	-	-	-	-	-	-	-

Unterscheidungskriterium	Anforderungen ARE / Rahmenbedingungen									
	Erweiterbarkeit		Räumlich	Synergieen		Datenverfügbarkeit		Praxistauglichkeit		
	Möglichkeit der Erweiterung um andere Themenbereiche	Durchführung gesamtschweizerischer Analysen	Verwendung der selben Zonierung wie VMUVEK	Forschung	Anwendung	Grundsätzliche Verfügbarkeit von Daten für die entsprechenden Modelle	Akzeptanz	Effektivität	Sind die Anwender von der Wichtigkeit der quantitativen Analyse überzeugt ?	Kann das operationalisierte Modell die gewünschten Indikatoren berechnen ?
	Soll	Muss	Soll	Soll	Soll	Soll	Soll	Soll	Soll	Soll
Struktur	Ist die Struktur <i>zusammengesetzt</i> , können einfacher neue Modelle hinzugefügt werden.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aggregation	Bei <i>Mikrosimulationen</i> können auch kleinräumige Aussagen gemacht werden, was den potentiellen Themenbereich erweitert.	Der beträchtliche Aufwand für die Berechnung und die Analyse einer <i>Mikrosimulation</i> ist ein Nachteil.	-	-	-	-	-	-	<i>Aggregierte</i> Modell sind ehre bekannt und damit akzeptierter.	<i>Mikrosimulationen</i> erlauben detailliertere Indikatoren.
Modellierungskonzept	-	-	Es wird als Stärke betrachtet, - wenn das Modell Zonen vorsieht.	-	-	-	-	-	-	-
Kalibrierung	Da bei <i>informeller</i> Schätzung - nicht unbedingt neue Daten erhoben werden müssen, Erweiterungen potentiell einfacher.	-	-	-	-	-	-	-	Statistisch geschätzte Modelle geniessen höhere Akzeptanz.	-
Kalibrierung II	Kann das Modell als <i>Gesamtes kalibriert</i> werden, wird die Erweiterbarkeit erleichtert.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Datenanforderungen	-	-	-	-	-	-	Wird als Stärke beurteilt, falls die grundsätzliche Verfügbarkeit als gegeben eingeschätzt wird.	-	-	-
Verwendungshäufigkeit	-	-	-	Die Verwendung in einem Forschungsprogramm in der Schweiz wird als Stärke interpretiert, da damit mir Erfahrungen im schweizerischen Kontext vorhandenen sind.	Wird als Stärke beurteilt, falls es operative Anwendungen gibt.	-	-	Die Anwender werden einem - erprobten Modell mehr vertrauen entgegen bringen.	-	-
Anwendungsgebiete	-	-	-	-	-	Wird als Stärke beurteilt, falls es Anwendungen in der Schweiz gibt.	-	-	-	-
Nutzungsrechtlicher Status	Nicht-kommerzielle, open source Software kann unabhängig erweitert werden.	-	-	-	-	-	-	Die Charakteristik nicht-kommerziellere, open source Software wird als Stärke beurteilt, da sie transparent ist und damit die Akzeptanz fördert.	Nicht-kommerzielle, open source Software kann unabhängig angepasst werden. Dies wird als Stärke gesehen.	-

Unterscheidungskriterium	Anschlussfähigkeit		Ressourcenaufwand			
	Möglichkeit der räumlichen Verfeinerung (Raster, Parzellen)	Möglichkeit der Verwendung eines regionalen Verkehrsmodells	Kosten Beschaffung und Betrieb Software	Kosten Beschaffung und Betrieb Hardware	Personeller und finanzieller Aufwand für die Datenbeschaffung und – Aufbereitung	Personen und finanzieller Aufwand für die Ausbildung, den Aufbau und den Betrieb
	Muss	Muss	Soll	Soll	Soll	Soll
Struktur	-	-	-	-	-	-
Aggregation	-	-	Mikrosimulationen stellen höhere Datenanforderungen und sind damit kostenintensiver.			
Modellierungskonzept	-	-	-	-	-	-
Kalibrierung	-	-	Erfolgt die Modellschätzung nicht informell, reduzieren sich die Datenanforderungen und damit die Kosten.	-	Erfolgt die Modellschätzung nicht informell, reduzieren sich die Datenanforderungen und damit die Kosten.	Erfolgt die Modellschätzung nicht informell, reduzieren sich die Datenanforderungen und damit die Kosten.
Kalibrierung II	-	-	-	-	-	-
Datenanforderungen	-	-	-	-	-	-
Verwendungshäufigkeit	-	-	Mit jeder Anwendung steigt die Erfahrung mit der Software, was die Kosten reduziert.	-	-	Mit jeder Anwendung steigt die Erfahrung mit der Software, was die Kosten reduziert.
Anwendungsgebiete	-	-	-	-	-	-
Nutzungsrechtlicher Status	-	-	-	-	-	-

Verkehr: Input

Raumplanung Input:

Integration Verkehrslenkungsmaßnahmen wie Mobility Pricing Integration Daten VM-UVEK Modellierung der Belastungen auf dem Verkehrsnetz (Güterverkehr) Integration Zonenplan (Fläche) Integration Ausnutzungsziffern (Geschossflächen)

Unterscheidungskriterium	Soll			Muss			Soll			Soll			Soll		
	DA	TX	US	DA	TX	US	DA	TX	US	DA	TX	US	DA	TX	US
Netzwerk	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Flächennutzung	WAHR	WAHR	WAHR	-	-	-	-	-	-	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR
Arbeitsplätze	WAHR	WAHR	WAHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wohnnutzung	WAHR	WAHR	WAHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Beschäftigung	WAHR	WAHR	WAHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bevölkerung	WAHR	WAHR	WAHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Güter	WAHR	FALSCH	FALSCH	-	-	-	WAHR	FALSCH	FALSCH	-	-	-	-	-	-
Verkehr	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umweltmodul	FALSCH	FALSCH	FALSCH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Raumtyp der Konzeption	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kleinste Raumeinheit	FALSCH	FALSCH	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	-	-	-	FALSCH	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	WAHR
Zeitperiode	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gleichgewichtstyp	-	-	-	WAHR	WAHR	WAHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dynamik	FALSCH	WAHR	WAHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gleichgewichtsmechanismus im Flächennutzungsmarkt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lokalisierung von Aktivitäten	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abbildung Raum-Zeit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Verbindung Landnutzung/Verkehr	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zweck	WAHR	WAHR	WAHR	-	-	-	-	-	-	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR
Struktur	-	-	-	WAHR	WAHR	WAHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aggregation	-	-	-	WAHR	FALSCH	FALSCH	-	-	-	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR
Modellierungskonzept	-	-	-	WAHR	FALSCH	FALSCH	-	-	-	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR
Kalibrierung	FALSCH	WAHR	WAHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalibrierung II	-	-	-	FALSCH	FALSCH	WAHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Datenanforderungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Verwendungshäufigkeit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Anwendungsgebiete	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nutzungsrechtlicher Status	-	-	-	FALSCH	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	WAHR	-	-	-	-	-	-

Zusammenfassung	DA	TX	US
Stärken / Chancen	139	141	155
Schwächen / Risiken	53	51	37
keine Aussage	-	-	-

Unterscheidungskriterium	Thematik									Raumplanung: Output												
	Modellierung von Effekten der inneren Verdichtung			Modellierung des Flächenkonsums			Modellierung der Siedlungsmuster (Gebäudetypen)			Regionalisierung Bevölkerungsprognosen			Modellierung Wohnen			Modellierung Beschäftigung			Modellierung Arbeitsplätze			
	DA	Soll TX	US	DA	Soll TX	US	DA	Soll TX	US	DA	Soll TX	US	DA	Soll TX	US	DA	Soll TX	US	DA	Soll TX	US	
Netzwerk	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR
Flächennutzung	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR
Arbeitsplätze	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR
Wohnnutzung	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR
Beschäftigung	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR
Bevölkerung	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR
Güter	WAHR	FALSCH	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	
Verkehr	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR
Umweltmodul	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH
Raumtyp der Konzeption	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kleinste Raumeinheit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zeitperiode	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR
Gleichgewichtstyp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dynamik	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	
Gleichgewichtsmechanismus im Flächennutzungsmarkt	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	-	-	-	WAHR	WAHR	FALSCH	
Lokalisierung von Aktivitäten	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abbildung Raum-Zeit	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR
Verbindung Landnutzung/Verkehr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zweck	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR
Struktur	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aggregation	-	-	-	-	-	-	FALSCH	WAHR	WAHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Modellierungskonzept	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalibrierung	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	
Kalibrierung II	FALSCH	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	WAHR	
Datenanforderungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Verwendungshäufigkeit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Anwendungsgebiete	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nutzungsrechtlicher Status	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Anforderungen ARE / Rahmenbedingungen																													
Erweiterbarkeit			Räumlich			Forschung			Synergien			Anwendung			Datenverfügbarkeit			Praxistauglichkeit			Effektivität								
Möglichkeit der Erweiterung um andere Themenbereiche			Durchführung gesamtschweizerischer Analysen			Verwendung der selben Zonierung wie VMUVEK			Verwendung in anderen Forschungsprogrammen			Operative Verwendung in der Schweiz oder in Verwaltungen im Ausland			Grundsätzliche Verfügbarkeit von Daten für die entsprechenden Modelle			Sind die Anwender von der Wichtigkeit der quantitativen Analyse überzeugt ?			Kann das operationalisierte Modell die gewünschten Indikatoren berechnen ?								
Unterscheidungskriterium	Soll			Muss			Soll			Soll			Soll			Soll			Soll										
	DA	TX	US	DA	TX	US	DA	TX	US	DA	TX	US	DA	TX	US	DA	TX	US	DA	TX	US	DA	TX	US					
Netzwerk	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	WAHR	WAHR	WAHR			
Flächennutzung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	WAHR	WAHR	WAHR	
Arbeitsplätze	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	WAHR	WAHR	WAHR
Wohnnutzung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	WAHR	WAHR	WAHR
Beschäftigung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	WAHR	WAHR	WAHR
Bevölkerung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	WAHR	WAHR	WAHR
Güter	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	WAHR	FALSCH	FALSCH
Verkehr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	WAHR	WAHR	WAHR
Umweltmodul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	WAHR	WAHR	WAHR
Raumtyp der Konzeption	-	-	-	WAHR	WAHR	FALSCH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kleinste Raumeinheit	-	-	-	-	-	-	WAHR	WAHR	WAHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zeitraum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gleichgewichtstyp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dynamik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSCH	WAHR	WAHR
Gleichgewichtsmechanismus im Flächennutzungsmarkt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lokalisierung von Aktivitäten	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abbildung Raum-Zeit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Verbindung Landnutzung/Verkehr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zweck	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Struktur	WAHR	WAHR	WAHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aggregation	FALSCH	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	FALSCH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	WAHR	FALSCH	FALSCH	FALSCH	WAHR	WAHR	-	-	-
Modellierungskonzept	-	-	-	-	-	-	WAHR	WAHR	WAHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalibrierung	WAHR	FALSCH	FALSCH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSCH	WAHR	WAHR	-	-	-	-	-	-
Kalibrierung II	FALSCH	FALSCH	WAHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Datenanforderungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	WAHR	WAHR	WAHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Verwendungshäufigkeit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSCH	FALSCH	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	-	-	-	-	WAHR	FALSCH	WAHR	-	-	-	-	-	-	-
Anwendungsgebiete	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSCH	FALSCH	FALSCH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nutzungsrechtlicher Status	FALSCH	FALSCH	WAHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSCH	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	WAHR	-	-	-

Unterscheidungskriterium	Anschlussfähigkeit						Ressourcenaufwand												
	Möglichkeit der räumlichen Verfeinerung (Raster, Parzellen)			Möglichkeit der Verwendung eines regionalen Verkehrsmodells			Kosten Beschaffung und Betrieb Software			Kosten Beschaffung und Betrieb Hardware			Personeller und finanzieller Aufwand für die Datenbeschaffung und – Aufbereitung			Personeller und finanzieller Aufwand für die Ausbildung, den Aufbau und den Betrieb			
	DA	Muss TX	US	DA	Muss TX	US	DA	Soll TX	US	DA	Soll TX	US	DA	Soll TX	US	DA	Soll TX	US	
Netzwerk	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Flächennutzung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arbeitsplätze	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wohnnutzung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Beschäftigung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bevölkerung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Güter	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Verkehr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umweltmodul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Raumtyp der Konzeption	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kleinste Raumeinheit	WAHR	WAHR	WAHR	-	-	-	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR
Zeitperiode	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gleichgewichtstyp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dynamik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gleichgewichtsmechanismus im Flächennutzungsmarkt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lokalisierung von Aktivitäten	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abbildung Raum-Zeit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Verbindung Landnutzung/Verkehr	-	-	-	WAHR	WAHR	WAHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zweck	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Struktur	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aggregation	-	-	-	-	-	-	WAHR	FALSCH	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	FALSCH
Modellierungskonzept	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalibrierung	-	-	-	-	-	-	WAHR	FALSCH	FALSCH	-	-	-	WAHR	FALSCH	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	FALSCH
Kalibrierung II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Datenanforderungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Verwendungshäufigkeit	-	-	-	-	-	-	WAHR	FALSCH	WAHR	-	-	-	-	-	-	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR
Anwendungsgebiete	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nutzungsrechtlicher Status	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-