

Der gewählte Forschungsansatz beruht im wesentlichen auf drei sich ergänzenden Methoden:

- ?? Simulation der räumlichen Entwicklung der Schweiz bis ins Jahr 2030 mittels eines integrierten Verkehrs- und Raumnutzungsmodells (TRANUS);
- ?? Kombination von verschiedenen Varianten des zukünftigen nationalen Verkehrssystems mit unterschiedlichen Szenarien der gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen;
- ?? Bewertung der Auswirkungen mittels Kriterien der Raumverträglichkeit. Bezugspunkt bilden die Grundzüge der Raumordnung Schweiz ([BUNDESRAT 1996]).

2 VERWENDUNG VON SZENARIEN

Während das Nationalstrassennetz, die Bahn 2000, die Anschlüsse ans europäische Hochgeschwindigkeitsnetz und selbst die NEAT in den nächsten 15 bis 20 Jahren fertiggestellt sein dürften, wird selbst bei einer raschen Verwirklichung der Swissmetro der Verkehr auf deren Hauptstrecken erst zwischen 2020-2025 aufgenommen werden können. Um auch die räumlichen Effekte nach der unmittelbaren Inbetriebsetzung der Verkehrsinfrastrukturen berücksichtigen zu können, muss die Untersuchung deshalb eine Zeitspanne bis ins Jahr 2030 umfassen.

Für das Forschungsprojekt ergibt sich somit die Herausforderung, die zukünftige Entwicklung der Rahmenbedingungen über einen Zeitraum von mehr als 30 Jahren vorhersagen zu können. Es versteht sich von selbst, dass in einem solchen Fall verlässliche Prognosen mittels Trendanalysen nicht möglich sind und eine Vielzahl von zukünftigen Entwicklungen denkbar ist. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurden im Projekt eigene Szenarien entwickelt, die auf die vorliegende Fragestellung zugeschnitten sind:

- ?? Varianten der Entwicklung des Verkehrssystems / Verkehrsangebot: Die zeitlichen und umfangmässigen Entwicklungsmöglichkeiten der bereitgestellten Infrastruktur und deren Leistungs-vermögen (Hardware) sowie die denkbaren Betriebsformen (Software) werden in Varianten zusammengefasst.
- ?? Szenarien der sozio-ökonomischen Entwicklung: Die möglichen politischen, gesellschaftlichen, technologischen, ökologischen, demographischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden in denkbaren zukünftigen Entwicklungspfaden zusammengefasst.

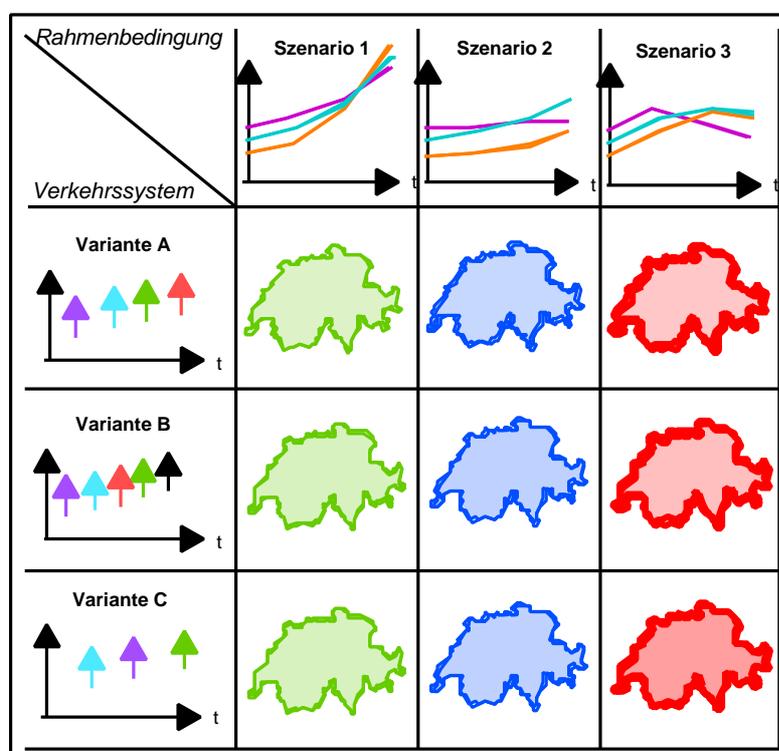


Abbildung 2: Szenarienmatrix: Erst die Kombination einer Variante des Verkehrssystems und eines Szenarios der Rahmenbedingungen gibt das eigentliche System vor, innerhalb dessen die zukünftige Raumentwicklung simuliert wird.

3 INTEGRIERTE VERKEHRS- UND RAUMNUTZUNGSMODELLE

3.1 Ansatz zur Ermittlung der räumlichen Effekte von Verkehrsinfrastrukturen

Erreichbarkeit kann besonders in entwickelten Ländern nicht mehr länger als der wichtigste bestimmende Faktor für die Standortwahl von Firmen angesehen werden, sondern ist lediglich Voraussetzung dafür, dass wirtschaftliches Wachstum überhaupt stattfinden kann. Das Erreichbarkeitspotential oder die Qualität der Verkehrsinfrastruktur sagen noch nichts darüber aus, ob überhaupt und in welchem Mass sich eine Region wirtschaftlich entwickeln wird. Der Ausbau und die Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur haben vor allem dort spürbare Auswirkungen, wo Engpässe beseitigt werden. Damit ergibt sich für die Untersuchung der Wirkung von Verkehrssystemänderungen die Notwendigkeit, regionalwirtschaftliche und verkehrstechnische Aspekte gleichzeitig zu betrachten.

Aus diesem Grund wird im vorliegenden Forschungsprojekt ein integriertes Verkehrs- und Raumnutzungsmodell (engl. integrated transport and land-use models) verwendet. Die zentrale Idee der Zusammenführung eines multimodalen Verkehrsmodells und mit einem auf Input-Output-Tabellen aufbauenden regionalwirtschaftlichen Modell ist, dass die Erreichbarkeitsverhältnisse (gemessen in Fahr- und Zeitkosten), die dem Verkehrsmodell entnommen werden können, die Allokation der Nutzungen mitbestimmen. Umgekehrt bestimmt die Anordnung der Aktivitäten, wie sie dem Teilmodell Raumnutzung entnommen werden können, die Erzeugung von Verkehr.

Integrierte Verkehrs- und Raumnutzungsmodelle bieten unter anderem auch den Vorteil, dass nicht alleine die möglichen Endzustände betrachtet werden können, sondern die Dynamik der Entwicklung explizit berücksichtigt werden kann. Die Simulation der regionalwirtschaftlichen Entwicklung von verschiedenen Szenarien der Rahmenbedingungen und Varianten des Verkehrssystems erfolgt im Projekt denn auch quasy-dynamisch in diskreten Zeitschritten von 2 Jahren.

3.2 Die verwendete Modellierungsumgebung TRANUS

Für das Forschungsprojekt wird als Simulationsumgebung die Software TRANUS von Modelistica verwendet. TRANUS wurde von Tomas de la Barra Mitte der 80er Jahre entwickelt und wird von ihm laufend erweitert und verbessert. Eine ausführliche Beschreibung der theoretischen Grundlagen von TRANUS findet sich auf der Homepage von Modelistica (<http://www.modelistica.com>) oder in [DE LA BARRA 1998].

Die Abbildung der Wirklichkeit geschieht wie bei konventionellen Verkehrsmodellen mit Knoten, Links und Zonen. TRANUS unterscheidet zwischen internen und externen Zonen. Der Unterschied besteht darin, dass die externen Zonen nur für Importe und Exporte benutzt werden, während sich die Allokation von Aktivitäten auf die internen Zonen beschränkt.

3.2.1 Teilmodell Verkehr

Das in TRANUS integrierte Verkehrsmodell entspricht einem modernen, multimodalen Verkehrsmodell, mit dem sowohl der Personen-, als auch der Güterverkehr abgebildet werden kann. Die zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel können für jeden Verkehrszweck definiert werden. Ebenfalls können für jeden Verkehrszweck die Reise- und Wartezeitkosten etc. vorgegeben werden.

Die Autoren von TRANUS benutzen ein von ihnen entwickeltes Modell, das sie „*multidimensional path search and assignment model*“ (MDPA) nennen. Das Modell baut auf einem Algorithmus zur Bestimmung des kürzesten Weges auf. Wichtig ist, dass nicht nach dem absolut kürzesten Weg (im Sinne von effektiven Kosten plus Zeitkosten) für jeden Verkehrszweck gesucht wird, sondern für eine vorbestimmte Anzahl von n Pfaden. Damit sich diese Pfade auch wesentlich unterscheiden, werden gemeinsame Links von Pfaden progressiv verteuert. Die tatsächlich nachgefragten Fahrten zwischen Ziel- und Quellzonen werden auf die vorgehend bestimmten Pfaden mittels eines multinominalen Logit-Modells umgelegt.

3.2.2 Teilmodell Raumnutzung

Die Input-Output-Matrix von Leontief bildet die Basis des Teilmodells Raumnutzung. Für die Produktion eines Outputs eines Produktionssektors werden Inputs von anderen Sektoren verbraucht. Diese zweidimensionale Produktionsmatrix wird ergänzt um eine räumliche Dimension, wodurch Güter- bzw.

Faktorflüsse zwischen den Regionen erfasst werden können. Neben klassischen Produktionsfaktoren werden auch Arbeitskräfte als Inputs in den Produktionsprozess und als Endnachfrager der Produkte berücksichtigt. Somit entstehen nicht nur Güter- sondern auch Personenflüsse zwischen den Regionen. Zudem ist es möglich, den Gebäude- und Bodenmarkt im Modell abzubilden. Die Zusammenfassung aller Sektortypen wird als sozio-ökonomische Input-Output-Tabelle bezeichnet.

Um die Koeffizienten der Interaktion zwischen den einzelnen Sektoren in bezug auf Preise und Einkommen elastisch zu machen, werden Nachfragefunktionen verwendet. Diese Funktionen sind entscheidend, erlauben sie es doch letztlich, interzonale Unterschiede in der Konzentration von Bebauungen und Aktivitäten wiederzugeben, obwohl für alle Zonen des Untersuchungsgebiets die gleichen Nachfragefunktionen gelten.

Wie im Teilmodell Verkehr wird auch im Teilmodell Raumnutzung mit statistischen Verfahren die Streuung der Entscheidungsmöglichkeiten berücksichtigt, damit mikro-ökonomische Angebots- und Nachfragefunktionen aggregiert werden können. Hiermit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass weder Benutzer noch Anbieter umfassende Informationen über den Markt haben, dass es keine deterministischen Nutzenfunktionen gibt und dass letztlich nicht alle Faktoren der Nutzenfunktionen berücksichtigt werden können (z.B. regionale Verwurzelung).

3.2.3 Integration von Verkehr und Raumnutzung

Beide Teilmodelle werden in einem iterativen Verfahren gelöst. Die Allokation der Raumnutzungen wird in TRANUS bestimmt durch die Gebäude- und Landkosten, vorhandene Nutzungsbeschränkungen, die Wachstumsraten der Wirtschaft und der Bevölkerung, durch definierbare Attraktivitätsfunktionen zu bestimmten Zonen und sozio-ökonomischen Sektoren sowie die Erreichbarkeitsverhältnisse (ausgedrückt in gewichteten Transportkosten) des letzten Zeitschritts. D.h. die Veränderungen der Erreichbarkeiten werden erst mit einer Zeitverzögerung berücksichtigt. Der Verkehr wird bestimmt durch das aktuelle Verkehrssystem/Verkehrsangebot und die aktuelle Aktivitätsanordnung.

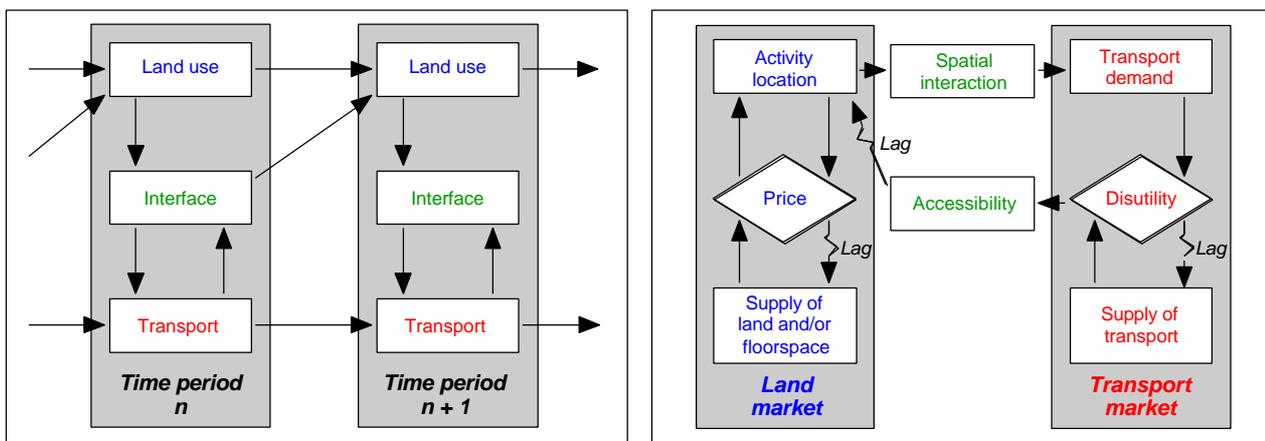


Abbildung 3: Zusammenspiel der Teilmodelle Verkehr und Raumnutzung

Damit besteht die Integration der Teilmodelle in der Umrechnung von Erreichbarkeitsverhältnissen in Kosten für die Raumnutzung bzw. der Umrechnung der Aktivitätsanordnung in Verkehrsbeziehungen.

4 DEFINITION DES MODELLS FÜR DAS VORLIEGENDE FORSCHUNGSPROJEKT

4.1 Aufteilung des Untersuchungsgebiet in Zonen

TRANUS ist wie die meisten integrierten Verkehrs- und Raumnutzungsmodelle zonenbasiert. Die Aufteilung des Untersuchungsgebiets ist in der Verkehrsplanung ein altes Problem. Durch die notwendige Berücksichtigung von regionalwirtschaftlichen Aspekten, unterschiedlichen Siedlungstypen, Stellung in der Zentrenhierarchie usw. gewinnt die Aufteilung noch an Komplexität - insbesondere wenn die zukünftige Entwicklung mitberücksichtigt werden soll.

Neben diesen Aspekten gilt die Aufmerksamkeit bei einer nationalen Studie vor allem der Anzahl der Zonen, bzw. der Zonengröße. Einerseits sollte die Zahl der Zonen möglichst klein gehalten werden, um den Rechen- und Kalibrierungsaufwand möglichst klein zu halten. Andererseits muss aber berücksichtigt werden,

dass der gesamte zoneninterne Verkehr nicht direkt modelliert werden kann und dies direkte Konsequenzen für die modellierbaren Verkehrsarten hat.

Die schliesslich gewählte Zoneneinteilung der Schweiz umfasst gut 170 Zonen mit durchschnittlich 40'000 Einwohnern und einem mittleren Durchmesser von 10 bis 20 Kilometern. Damit entfällt der gesamte Langsamverkehr und mehr als 40 % der gesamten PW-Fahrleistung. Für die regionalwirtschaftliche Betrachtung ist diese Genauigkeit aber mehr als genug.

4.2 Definition der sozio-ökonomischen Sektoren

4.2.1 Wirtschaftssektoren

Wichtigste Grundlage für das Teilmodell Raumnutzung bildet eine nationale Input-Output-Tabelle. Eine solche liegt in beinahe allen Ländern vor und ist teilweise sogar für einzelne Regionen erhältlich. In der schweizerischen Input-Output-Tabelle wird die Wirtschaft in 37 Sektoren unterteilt, was eine Aggregation unumgänglich macht. Im vorliegenden Forschungsprojekt wurde eine Einteilung in 11 Sektoren gewählt (Landwirtschaft, 5 Industriesektoren und 5 Dienstleistungssektoren). Diese detaillierte Aufteilung bildet aufgrund der Datenlage und des langen Zeithorizonts die oberste Grenze der Detaillierung.

4.2.2 Haushalte

Neben den klassischen Produktionsfaktoren werden im Modell auch Arbeitskräfte als Inputs in den Produktionsprozess und als Endnachfrager der Produkte berücksichtigt. Traditionell werden in integrierten Verkehrs- und Raumnutzungsmodellen Haushaltsgruppen nach Einkommensklassen ausgeschieden. In der Schweiz sind die Einkommensverhältnisse der Haushalte aus den Volkszählungen jedoch nicht ersichtlich. Hingegen werden in der Volkszählung alle Haushaltsmitglieder sozio-professionellen Gruppen zugeteilt und ein Haushaltsvorstand ermittelt (siehe [JOYE et al. 1995]).

Für das Modell wurden 4 Haushaltsklassen ausgeschieden (arme, mittlere und reiche Haushalte sowie Rentnerhaushalte), die sich auf die sozio-professionelle Kategorie des Haushaltsvorstandes beziehen. Dies bringt mehrere Vorteile:

1. Die Wohnungszählung 1990 basiert ebenfalls auf der sozio-professionellen Kategorie des Haushaltsvorstandes. Damit können die Wohnflächenansprüche der Haushalte direkt zugewiesen werden.
2. Die Berufsgruppen können anteilmässig den sozio-professionellen Kategorien der Haushaltsmitglieder zugeteilt werden. Damit kann bestimmt werden, wie die Haushalte als Produktionsfaktoren in die einzelnen Wirtschaftssektoren eingehen.
3. Die Verbrauchserhebungen können ungefähr auf die Haushaltsgruppen abgebildet werden

4.2.3 Geschossflächen und Bauland

Aus Sicht der Aufgabenstellung und der speziellen Situation in der Schweiz wäre es wünschenswert, sowohl Boden- als auch Geschossflächen berücksichtigen zu können. Damit könnten auch unterschiedliche Szenarien für die Einschränkung des Baulandes je nach Gemeinde- bzw. Modellzonentyp simuliert werden. Aufgrund der unzureichenden Datenlage ist es jedoch nicht möglich, den Bodenmarkt in diesem Forschungsprojekt mit vertretbarem Aufwand abzubilden. Es gibt in der Schweiz zur Zeit weder eine Bodenpreisstatistik noch differenzierte flächendeckende Angaben zur Bodennutzung und den Bau- und Nutzungszonen.

Um die Daten des Geschossflächenmarktes (Preise, Flächen) auf verschiedene Quellen abstützen zu können, wurde die folgende Einteilung gewählt: Gewerbeflächen, Verkaufsflächen, Büroflächen, Einfamilienhäuser, Eigentumswohnungen, Mietwohnungen.

4.3 Festlegungen des Verkehrsmodells

Die Anforderungen des Teilmodells Verkehr entsprechen im wesentlichen denjenigen eines traditionellen Verkehrsmodells. Gewichtigster Unterschied ist die Bestimmung der Wunschlinien: Während diese bei gewöhnlichen Modellen direkt vorgegeben werden oder aus Zonendaten errechnet werden (z.B.

Gravitationsansatz), werden diese bei integrierten Verkehrs- und Raumnutzungsmodellen aufgrund der interzonalen Beziehungen im Raumnutzungsmodell mittels Umrechnungsfaktoren bestimmt.

Im Mittelpunkt des Interesses dieses Forschungsprojekts stehen die Veränderungen der Verkehrsinfrastruktur für den Personenverkehr, insbesondere die geplante Realisierung der Swissmetro. Dementsprechend konzentriert sich die Abbildung des Verkehrs auf den Personenverkehr.

Als Verkehrsmittel werden PKW, Bus, verschiedene Zugskategorien, Swissmetro, innerschweizerische Flugverbindungen und Park&Ride berücksichtigt. Das Verkehrsnetz basiert auf einem aufbereitetem GIS-Vektordatensatz und umfasst ca. 5000 Links, ca. 1500 Knoten und 17 verschiedene Linktypen.

Ein besonderes Problem stellt sich bei der Abbildung des interzonalen öffentlichen Verkehrs, da der Zusammenhang zwischen Wartezeiten und Fahrplandichte in TRANUS auf hochfrequente Nahverkehrsverhältnisse oder unregelmässige Frequenzen ausgelegt ist. Es ist nicht möglich, Fahrplandaten einzugeben. Deshalb wurde ein pragmatischer Ansatz und für die IC-, Interregio- und Regionalzüge getrennte Verkehrsnetze definiert, die sich nur an den jeweiligen Umsteigebahnhöfen überschneiden. Damit kann die Unterscheidung der verschiedenen Bahnhöfe bezüglich ihrer Verbindungsqualität gewahrt werden, ohne mit hohem Arbeitsaufwand die verschiedenen Routen des öffentlichen Verkehrs eingeben zu müssen.

4.4 Übersicht über die Festlegungen

Verbrauchssektoren	Produktionssekt.																	Verkehrsmittel													
	Landwirtschaft	Ricardo	Periph. H-O	Zentr. H-O	Schumpeter	Bauwirtschaft	Unternehmensd.	Distribution	Soz. Dienstl.	Pers. Dienstl.	Gastgewerbe	Arme HH	Mittlere HH	Reiche HH	Rentner	Gelehrb.	Verkaufsf.	Bürofl.	EFH	Eigentumsw.	Mietw.	PKW	Bus	Intercity	Interregio	Regionalzug	Swissmetro	Flugverb.	Park&Ride	Fusstransfer	
Landwirtschaft	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
Ricardo-Ind.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
Periph. Heckscher-Ohlin-Ind.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
Zentr. Heckscher-Ohlin-Ind.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
Schumpeter-Ind.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
Bauwirtschaft	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
Unternehmensdienstl.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
Distribution	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
Soziale Dienstleistungen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
Pers. Dienstleistungen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
Gastgewerbe	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
Arme Haushalte	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mittlere Haushalte	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Reiche Haushalte	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rentnerhaushalte	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pendlerverkehr															X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Geschäftsverkehr	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ausbildungsverkehr	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Freizeitverkehr															X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PKW	X																														X
Bus	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Intercity	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Interregio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Regionalzug	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Swissmetro	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
innerschweizerische Flugverb.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Park&Ride	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fusstransfer	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Abbildung 4: Struktur des Modells der Schweiz mit Definition der Sektoren, Fahrtzwecke, Verkehrsmittel und erlaubter Umsteigebeziehungen

5 ERWARTETE RESULTATE

Da das vorliegende Forschungsprojekt noch nicht abgeschlossen ist, können noch keine Resultate der Abschätzung der räumlichen Effekte präsentiert werden.

Entsprechend seiner Ausrichtung und Eingaben liefert TRANUS Resultate zum Verkehr und regionalwirtschaftliche Grössen. Die Art der Resultate des Verkehrsmodells unterscheiden sich nicht von denjenigen konventioneller Verkehrsmodelle (Linkbelastungen, Modal-Split und generalisierte Kosten nach Verkehrszweck, etc.). Diese Werte sind für das Projekt jedoch einerseits nur während der Kalibrationsphase und zur Plausibilitätsprüfung der Simulationen von Interesse. Andererseits können die Linkbelastungen wegen der Ausdünnung des Netzes und der fehlenden intrazonalen Fahrten gar nicht mit den tatsächlichen übereinstimmen.

Für die aktuelle Fragestellung sind hauptsächlich die Outputmöglichkeiten des Teilmodells Raumnutzung von Belang. Das Modell liefert pro Szenario / Zeitschritt für alle definierten Sektoren und jede Zone den Preis, den Schattenpreis, die Produktionskosten sowie die Produktion und die Nachfrage. Aus diesen Angaben können die relevanten regionalwirtschaftlichen Aussagen als relative und absolute Differenzen der Produktion (= Bestand) eines bestimmten Sektors für verschiedene Zonen oder Szenarien / Varianten des Verkehrssystems bzw. das unterschiedliche Wachstum der Sektoren in den verschiedenen Zonen je nach Szenario / Variante des Verkehrssystems abgeleitet werden.

Es muss an dieser Stelle betont werden, dass unseres Erachtens nur die relativen Grössen sinnvoll bewertet werden können. Zwar liefert das Modell mathematisch genaue Angaben zum Bestand der definierten Sektoren (z.B. Anzahl m² Verkaufsflächen in der Zone x für das Jahr 2030). Die Modellannahmen und notwendigen Aggregationen sowie die Unsicherheiten der Entwicklung der relevanten Eingabegrössen über einen solch grossen Zeitraum müssen aber bei der Interpretation der Ergebnisse unbedingt berücksichtigt werden.

Bisherige Untersuchungen mit integrierten Verkehrs- und Raumnutzungsmodellen zeigen, dass sich die Unterschiede zwischen verschiedenen Varianten des Verkehrssystems in einem sehr engen Rahmen von weniger als einem bis einigen wenigen Prozenten bewegen (siehe z.B. [SPIEKERMANN UND WEGENER 1997]). Dementsprechend erwarten wir im vorliegenden Projekt ebenfalls nur geringe Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten des Verkehrssystems. Jedoch erwarten wir deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Szenarien der Rahmenbedingungen.

6 EINSETZBARKEIT VON INTEGRIERTEN VERKEHRS- UND RAUMNUTZUNGSMODELLEN

6.1 Voraussetzungen für die Anwendung

Wichtigste Voraussetzung für die Anwendung eines integrierten Verkehrs- und Raumnutzungsmodells ist, dass das zugrundeliegende theoretische Konzept und die Art des Modells der Aufgabenstellung entsprechen. Für das vorliegende Projekt wurde diese Voraussetzung in drei Thesen formuliert:

1. Auf inter-regionaler Ebene entscheiden Transportpreise, Landpreise und Geschossflächen sowie die Nähe zu Zuliefern und Abnehmern über die Allokation der einzelnen Aktivitäten (Haushalte, Firmen). Andere Standortqualitäten wie z.B. Umgebung, Nähe zu Schulen, etc. lassen sich innerhalb jeder der ausgeschiedenen Zonen finden und haben deshalb für die Allokation auf der betrachteten räumlichen Ebene wenig Einfluss.
2. Die technischen Koeffizienten der sozio-ökonomischen Input-Output-Tabellen sind konstant innerhalb des Beobachtungszeitraums.
3. Das Verkehrsaufkommen passt sich unmittelbar veränderten Infrastrukturen an, während die Allokation der einzelnen Nutzungen wesentlich träger abläuft (Time Lag).

Auf praktischer Seite bildet das Vorhandensein von ausreichenden Daten über den gesamten Kalibrationszeitraum eine Notwendigkeit. Fehlende Daten können durch Modellanpassungen oder Hilfskonstruktionen zwar wettgemacht werden, vermindern aber gleichzeitig die Gültigkeit. Für das Suchen und Aufbereiten der Daten sind Kenntnisse aus verschiedensten Disziplinen notwendig.

In der Schweiz sind es vor allem Daten zum Boden- und Gebäudemarkt, die nur teilweise verfügbar sind. Dies Situation dürfte durch den allgemeinen Einzug von GIS in den Verwaltungen und die zunehmenden Datenbestände gerade zu Boden und Gebäudeflächen in Zukunft stark verbessert werden. Allerdings ist damit das Manko an Statistiken über Angebotspreise noch nicht behoben.

6.2 Anwendbarkeit für lange Zeitperioden

Unseres Wissens ist das vorliegende Forschungsprojekt das erste, in dem eine Simulation über einen Zeitraum von mehr als 30 Jahren durchführt wird. Die verschiedenen denkbaren Entwicklungspfade können durch die Verwendung von Szenarien transparent gehalten werden. Hingegen ist die Robustheit der kalibrierten Modellparameter und damit die Validität des Modells nicht gesichert. Die Validität kann zu einem gewissen Grad gestützt werden, indem das Modell anhand einer Anwendung über den selben Zeitraum in der Vergangenheit geprüft wird. Dabei schafft die geringe Verfügbarkeit von Daten zur vergangenen Entwicklung grosse Probleme, die die Möglichkeiten dieser Option deutlich verringern.

Dieses Dilemma ist nicht einfach lösbar, muss aber bei der Interpretation der Resultate des Modells unbedingt berücksichtigt werden. In diesem Sinne ist es unumgänglich, lediglich die relativen Unterschiede zwischen gerechneten Varianten zu berücksichtigen.

LITERATUR

- Bundesrat, 1996: Bericht über die Grundzüge der Raumordnung Schweiz vom 22. Mai 1996. bundesblatt Nr. 34, Band III, 27. August 1996, Bundeskanzlei, Bern.
- D. Joye et al., 1995: Sozialstruktur der Schweiz; Sozio-professionelle Kategorien. Statistik der Schweiz, Eidgenössische Volkszählung 1990, Bundesamt für Statistik, Bern.
- K. Spiekermann und M. Wegener, 1997: The Cannel Tunnel and Regional Development: Combining Quantitative and Qualitative Methods. In: The Econometrics of Major Transport Infrastructures (E. Quinet and R. Vickermans eds.). Macmillan Press Ltd., Hampshire.